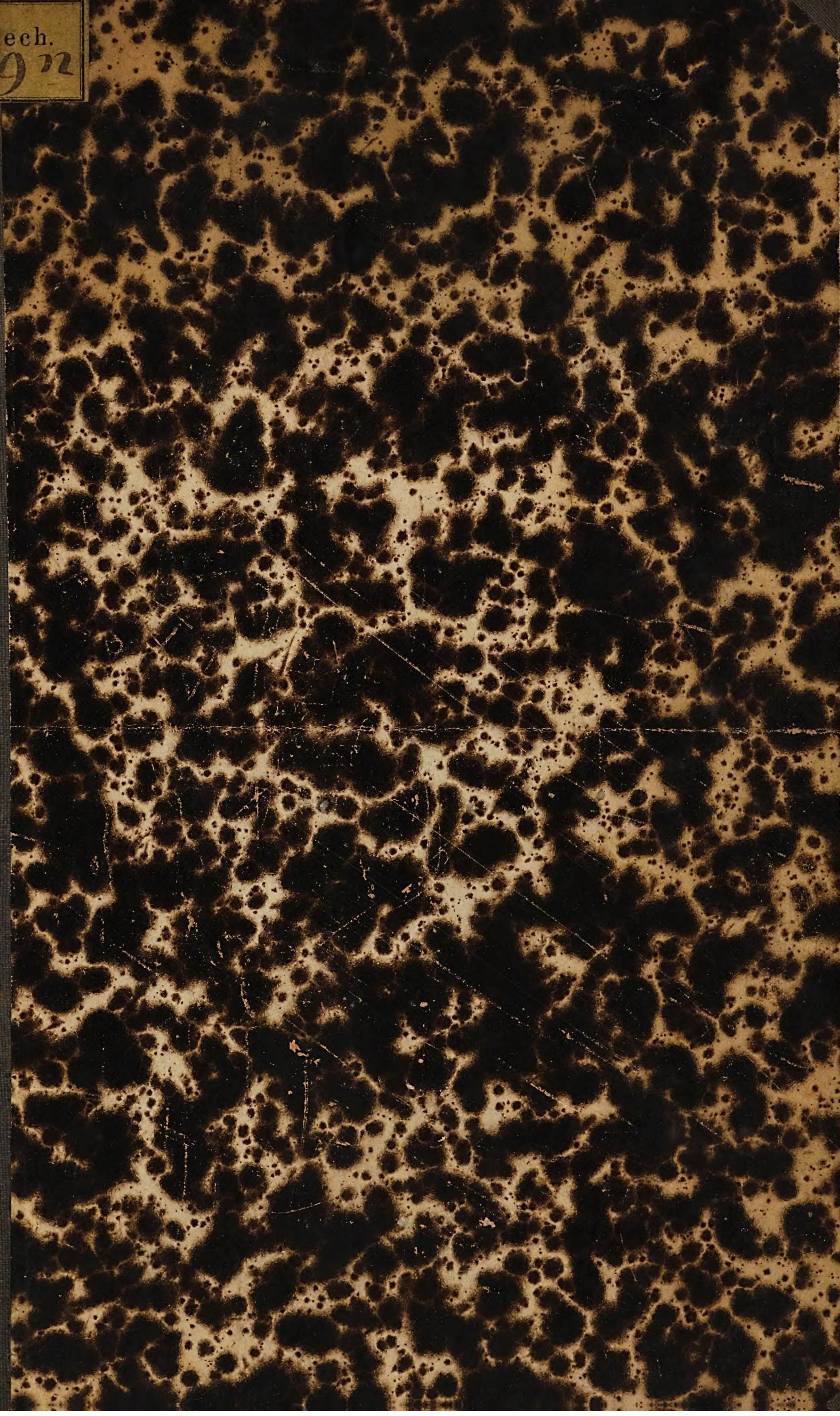


Tech.  
59<sup>m</sup>





Tech.

59<sup>n</sup>

Fehrmann











D A S  
AMMONIAKWASSER  
UND  
SEINE VERARBEITUNG.

AUF GRUND  
SELBSTSTÄNDIGER ERFAHRUNGEN UND MIT BERÜCKSICHTIGUNG  
DER NEUESTEN VERBESSERUNGEN

BEARBEITET  
VON  
ALBERT FEHRMANN,  
technischem Chemiker.

---

MIT 36 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

---

BRAUNSCHWEIG,  
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1887.

47B



## A N K Ü N D I G U N G.

---

Dieses Werk betrifft einen bis jetzt noch nicht ausführlich beschriebenen Fabrikationszweig, der in letzter Zeit grossen Aufschwung genommen hat. Es beruht grösstentheils auf den eigenen Erfahrungen des Verfassers und behandelt alle Apparate und Darstellungsmethoden mit solcher Genauigkeit, dass es dem Praktiker als zuverlässiger Leitfaden dienen kann. Auch der ausführende Ingenieur wird Vieles finden, was für ihn von Interesse ist, besonders, da die gesammte Patentliteratur des In- und Auslandes bis in die neueste Zeit berücksichtigt worden ist.

Da eine genaue und ausführliche Beschreibung der chemischen Untersuchungsmethoden nebst betreffenden Tabellen beigelegt ist, so ist es ein treuer Rathgeber für den mit Chemie weniger Vertrauten.

Besondere Beachtung verdient das Werkchen von Seiten der Koksfabrikanten und Gastechniker.

---



DAS  
AMMONIAKWASSER  
UND  
SEINE VERARBEITUNG.

---



---

Holzstiche  
aus dem xylographischen Atelier  
von Friedrich Vieweg und Sohn  
in Braunschweig.

---

P a p i e r  
aus der mechanischen Papier-Fabrik  
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen  
bei Braunschweig.

---



‘ D A S  
AMMONIAKWASSER  
UND  
SEINE VERARBEITUNG.

AUF GRUND  
SELBSTSTÄNDIGER ERFAHRUNGEN UND MIT BERÜCKSICHTIGUNG  
DER NEUESTEN VERBESSERUNGEN

BEARBEITET  
VON  
ALBERT FEHRMANN,  
technischem Chemiker.

MIT 36 IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

---

BRAUNSCHWEIG,  
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1887.



1887

AMMONIUM

UND

SEINE VERARBEITUNG

ALFRED

SELBSTSTÄNDIG FÜR DIE VERARBEITUNG

Alle Rechte vorbehalten.



MIT 30 IN DER DRUCKEREI VON H. W. H. 1887

BRUNNEN

DRUCK UND VERLAG VON BRUNNEN, FRANKFURT A. M.

1887



## V O R W O R T.

---

Die Verarbeitung des Ammoniakwassers hat in der letzten Zeit, besonders durch Einführung der Kokereien mit Condensation, einen solchen Aufschwung genommen, dass dieselbe mit Recht zur chemischen Grossindustrie gezählt werden muss.

In der Fachliteratur ist sehr Vieles über Ammoniakwasser, seine Verarbeitung und Bestimmung enthalten, aber es fehlt an einem Sammelwerke.

Der Aufforderung mehrerer Grossindustriellen folgend, habe ich versucht, durch vorliegendes Werkchen die Lücke in der einschlägigen Literatur auszufüllen und hoffe dies als mehrjähriger Praktiker erreicht zu haben.

Das Werkchen zerfällt in zwei Theile. Der erste enthält eine wissenschaftliche Abhandlung über das Ammoniakwasser und seine einzelnen Bestandtheile; der zweite eine genaue Beschreibung der einzelnen Destillationsapparate, der Darstellungsmethoden der verschiedenen Ammoniakpräparate und der analytischen Untersuchungen.

Da das Buch hauptsächlich für den Praktiker bestimmt ist, so habe ich viele Zeichnungen, praktische Daten und Tabellen eingefügt und die gesammte Patent-Literatur des In- und Auslandes bis zum 15. Februar 1887 berücksichtigt.

Die Zeichnungen habe ich zum Theil direct von den Patentinhabern erhalten, zum Theil aus der Literatur entnommen, zum Theil selbst angefertigt.

In der frohen Hoffnung, nicht nur dem Praktiker, sondern jedem Interessenten Genüge geleistet und dem Wunsche Vieler willfahrt zu haben, übergebe ich hiermit das Werkchen der Oeffentlichkeit.

Cöln, im April 1887.

Der Verfasser.







## INHALTSVERZEICHNISS.

---

|                                                                  | Seite |
|------------------------------------------------------------------|-------|
| Das Ammoniakwasser; seine Entstehung und Bestandtheile . . . . . | 1     |
| Eigenschaften der Bestandtheile . . . . .                        | 3     |
| Ammoniak . . . . .                                               | 3     |
| Verbindungen von Ammoniak und Kohlensäure . . . . .              | 16    |
| Verbindungen von Ammoniak und Schwefel . . . . .                 | 19    |
| Cyanammonium . . . . .                                           | 20    |
| Cyansaures Ammoniak . . . . .                                    | 21    |
| Chlorammonium . . . . .                                          | 21    |
| Verbindungen von Ammoniak und Schwefelsäure . . . . .            | 22    |
| Verbindungen von Ammoniak und Schwefligsäure . . . . .           | 24    |
| Verarbeitung des Ammoniakwassers . . . . .                       | 25    |
| Apparat von Rose . . . . .                                       | 25    |
| "      "  Elvers und Müller-Pack . . . . .                       | 27    |
| "      "  Mallet . . . . .                                       | 30    |
| "      "  Solvay . . . . .                                       | 36    |
| "      zu Old Ford Road . . . . .                                | 37    |
| "      "  Coffey Blase (Coffey still) . . . . .                  | 39    |
| "      "  Hyde . . . . .                                         | 43    |
| "      "  Silbertown . . . . .                                   | 43    |
| "      "  Beckton . . . . .                                      | 43    |
| "      von Lunge . . . . .                                       | 44    |
| "      "  Grüneberg (Dreikesselsystem) . . . . .                 | 47    |
| "      "  Vacherot und Gerold . . . . .                          | 48    |
| "      "  Gareis . . . . .                                       | 49    |
| "      "  Wunder . . . . .                                       | 51    |
| "      "  Schneider . . . . .                                    | 53    |
| "      "  Rube, Engelke und Krause . . . . .                     | 56    |
| "      "  Honigmann . . . . .                                    | 57    |
| "      "  der Soc. anonyme du Sud-Ouest . . . . .                | 57    |
| "      "  Brison . . . . .                                       | 59    |
| "      "  Feldmann . . . . .                                     | 61    |
| "      "  Grüneberg-Blum . . . . .                               | 63    |
| "      "  Pampe . . . . .                                        | 67    |



|                                                                 | Seite |
|-----------------------------------------------------------------|-------|
| Kostenanschlag einer Ammoniakwasser-Destillation . . . . .      | 71    |
| Darstellungsmethoden der einzelnen Ammoniakpräparate . . . . .  | 72    |
| Salmiakgeist . . . . .                                          | 72    |
| Concentrirtes Ammoniakwasser . . . . .                          | 74    |
| Schwefelsaures Ammoniak . . . . .                               | 74    |
| Salpetersaures Ammoniak . . . . .                               | 77    |
| Salmiak . . . . .                                               | 78    |
| Kohlensaures Ammoniak . . . . .                                 | 82    |
| Rhodanammonium . . . . .                                        | 84    |
| Phosphorsaures Ammoniak . . . . .                               | 85    |
| Neuerungen in der Ammoniak-Industrie . . . . .                  | 87    |
| Beseitigung des Schwefelwasserstoffs . . . . .                  | 99    |
| Klärung des Abflusswassers . . . . .                            | 101   |
| Statistik . . . . .                                             | 102   |
| Analytisches . . . . .                                          | 104   |
| Anhang . . . . .                                                | 123   |
| Tabellen über spezifische Gewichte von Schwefelsäure . . . . .  | 123   |
| "        "        "        "        " Salzsäure . . . . .       | 125   |
| "        "        "        "        " Salpetersäure . . . . .   | 126   |
| "        "        "        "        " Phosphorsäure . . . . .   | 128   |
| Verschiedene Aräometerscalen . . . . .                          | 129   |
| Reductionstabelle für spezifische Gewichte auf 15,5° C. . . . . | 136   |
| Verschiedene Thermometerscalen . . . . .                        | 137   |
| Reagentien, ihre Bereitung und Prüfung . . . . .                | 138   |
| Normalflüssigkeiten, ihre Bereitung und Prüfung . . . . .       | 142   |
| Verzeichniss der benutzten Werke und Zeitschriften . . . . .    | 145   |



Das Ammoniakwasser.

Bei der Darstellung und Reinigung des Steinkohlengases entsteht eine ammoniakalische Flüssigkeit, das sogenannte Ammoniak- oder Gas-Wasser, welches meistens aus folgenden Bestandtheilen zusammengesetzt ist:

- Freies Ammoniak,
- Kohlensaures Ammoniak,
- Schwefelammonium,
- Rhodanammonium,
- Essigsaures Ammoniak,
- Chlorammonium,
- Schwefelsaures Ammoniak,
- Schwefligsaures Ammoniak,
- Unterschwefligsaures Ammoniak,
- Salze von organischen stickstoffhaltigen Aminen.

Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass je nach Beschaffenheit der zur Destillation gelangten Steinkohlen kleine Mengen anderer Substanzen zuweilen vorkommen.

Um die Zusammensetzung einiger Gaswasser unter einander zu vergleichen, folgt anbei eine Tabelle von Gerlach:

Gehalt von 1 Liter Gaswasser in Grammen.

|                                         | Chemnitz        | Andere Stadt    | Bonn       | Trier      | Zürich     |
|-----------------------------------------|-----------------|-----------------|------------|------------|------------|
|                                         | Zwickauer Kohle | Zwickauer Kohle | Ruhr-Kohle | Saar-Kohle | Saar-Kohle |
| Ammoniak im Ganzen . . .                | 12,09           | 9,40            | 18,12      | 15,23      | 3,47       |
| Unterschwefligsaures Ammonium . . . . . | 1,036           | 1,628           | 5,032      | 2,072      | 0,296      |
| Schwefelammonium . . . . .              | 0,340           | 0,646           | 6,222      | 2,468      | 1,428      |
| Doppelt kohlensaures Ammonium . . . . . | 1,050           | 1,470           | 2,450      | 33,763     | 5,856      |
| Einfach kohlensaures Ammonium . . . . . | 4,560           | 7,680           | 33,120     |            |            |
| Schwefelsaures Ammonium . . . . .       | 0,462           | 0,858           | 1,320      | 4,922      | 1,926      |
| Chlorammonium . . . . .                 | 30,495          | 17,120          | 3,745      |            |            |
| Ammoniaksalze im Ganzen .               | 37,943          | 29,402          | 51,889     | 43,225     | 9,506      |



Auf das oft auftretende Rhodanammonium ist in der Tabelle keine Rücksicht genommen worden.

Die grosse Verschiedenheit der einzelnen Gaswässer sowohl an Gesamttammoniak, sowie an Salzen ist hieraus leicht ersichtlich.

Um den Gesamtgehalt an Ammoniak verschiedener Gaswässer zu vergleichen, hat Gerlach eine Tabelle zusammengestellt, welche sowohl die Resultate seiner Analysen, sowie anderer Chemiker enthält.

| Vergaste Kohle                               | Gramm<br>$\text{NH}_3$<br>in<br>100 ccm | Grade<br>Baumé | Namen<br>der<br>Stadt   |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|-------------------------|
| Deutsche Kohlen:                             |                                         |                |                         |
| Zwickauer Kohle . . . . .                    | 1,209                                   | 1,6            | Chemnitz                |
| „ „ u. böhmische Braunkohle . . . . .        | 0,908                                   | 1,66           | Leipzig                 |
| Zwickauer Kohle u. Burgker Kohle . . . . .   | 0,944                                   | 1,5            | Dresden                 |
| Burgker Steinkohle . . . . .                 | 1,862                                   | 2,8            | Freiberg                |
| Ruhrkohle . . . . .                          | 1,812                                   | 2,1            | Bonn                    |
| „ . . . . .                                  | 1,292                                   | 1,75           | Eupen                   |
| „ . . . . .                                  | 1,826                                   | 2,25           | Köln                    |
| „ . . . . .                                  | 1,278                                   | 1,5            | Dortmund                |
| Schlesische Steinkohle . . . . .             | 2,339                                   | 3              | Berlin                  |
| „ „ . . . . .                                | 1,290                                   | —              | Pest                    |
| „ „ . und böhmische Braunkohle . . . . .     | 1,030                                   | 2              | Prag                    |
| Saarkohle . . . . .                          | 1,574                                   | —              | Augsburg                |
| „ . . . . .                                  | 1,523                                   | 2,5            | Trier                   |
| „ . . . . .                                  | 1,870                                   | 3,2            | Zürich                  |
| „ . . . . .                                  | 1,435                                   | 3              | München                 |
| Englische Kohlen:                            |                                         |                |                         |
| Cannel Kohle, Boghead . . . . .              | 2,881                                   | 3,75           | Hamburg                 |
| Englische Kohle . . . . .                    | 3,514                                   | 4              | Stettin                 |
| „ „ . . . . .                                | 2,659                                   | 3              | Petersburg              |
| „ „ . . . . .                                | 2,244                                   | 3,3            | Triest                  |
| „ „ . . . . .                                | 2,142                                   | 3,5            | Stralsund               |
| Leverson Wallsend; Old Pelton Main . . . . . | 2,366                                   | 4              | Altona                  |
| Englische Kohle . . . . .                    | 2,407                                   | 4              | Kopenhagen              |
| New Pelton; Ravensworth . . . . .            | 1,785                                   | 2,75           | Riga                    |
| Old Pelton Main . . . . .                    | 1,727                                   | 3              | Königsberg              |
| Englische Kohle . . . . .                    | 2,966                                   | 3              | Stettin                 |
| Old Pelton Main, Leverson Wallsend . . . . . | 1,345                                   | 3              | Danzig                  |
| Verfasser fand:                              |                                         |                |                         |
| Englische Kohle . . . . .                    | 3,12                                    | 4              | Stockholm               |
| Ruhrkohle, Schacht Amalia . . . . .          | 1,89                                    | 3              | Kokerei Dr. Otto & Cie. |
| Witkowitz Kohle . . . . .                    | 1,26                                    | 3              | Witkowitz               |
| Schlesische Kohle . . . . .                  | 3,41                                    | 5,5 — 6        | Lodz.                   |



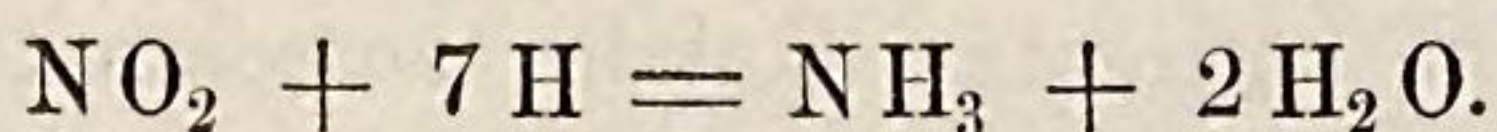
## Eigenschaften der Bestandtheile des Ammoniakwassers.

### Ammoniak, $\text{NH}_3$ .

Zusammensetzung: 82,35 Proc. N; 17,65 Proc. H. Moleculargewicht 17. Specifisches Gewicht 0,58954. Volumengewicht 8,505 ( $\text{H}=1$  gerechnet). 1 Liter des Gases wiegt bei  $0^0$  und 760 mm Druck 0,7635 g.

Das Ammoniak ist, zum Theil an salpetrige Säure gebunden, ein Bestandtheil der atmosphärischen Luft, wenngleich es darin nur in sehr geringer Menge enthalten ist; es ist ferner ein Product der Fäulniss und der trockenen Destillation stickstoffhaltiger organischer Körper; in Folge dessen findet man es auch stets in der Damm- oder Ackererde. Endlich finden sich geringe Spuren desselben in der Respirationsluft.

Das Ammoniak kann nicht durch directe Einwirkung von Stickstoff auf Wasserstoff dargestellt werden. Wohl aber bildet sich diese Verbindung, wenn die beiden Elemente in *statu nascendi* zusammentreffen, so beim Auflösen von Zink in verdünnter Salpetersäure, wobei das Zink sich auf Kosten des Sauerstoffs des Wassers und der Salpetersäure oxydirt, und dadurch auf der einen Seite Wasserstoff, und auf der anderen Seite Stickstoff in Freiheit gesetzt werden, die sich im Entstehungszustande zu Ammoniak vereinigen; ferner wenn man ein Gemenge von Stickoxydgas und Wasserstoffgas über erhitzten Platinschwamm leitet:



Seine einfachste Darstellung beruht auf der Zerlegung seiner Verbindungen durch kaustische Alkalien oder Kalk, z. B. durch Erhitzen eines Gemenges von Chlorammonium (Salmiak) mit Kalk. Soll es als Gas erhalten werden, so fängt man es über Quecksilber auf, da es in Wasser sehr leicht löslich ist.

Das Ammoniak ist ein farbloses Gas von sehr stechendem Geruche und laugenartigem Geschmacke. Es färbt Curcumapapier braun und rothes Lackmuspapier blau. Es reizt die Augen zu Thränen, ist nicht athembar, sondern greift die Athmungsorgane heftig an und ist in reinem Zustande eingeathmet sehr schädlich. Mit Sauerstoff gemengt ist es brennbar und verbrennt mit gelber Flamme zu Wasser und Stickstoff; das Verbrennen brennbarer Körper vermag es nicht zu unterhalten. Durch den elektrischen Funken wird es in seine Bestandtheile, Wasserstoff und Stickstoff, zerlegt und zwar zerfällt es in 3 Vol. Wasserstoffgas und 1 Vol. Stickstoffgas, wobei es seinen Umfang verdoppelt, d. h. die

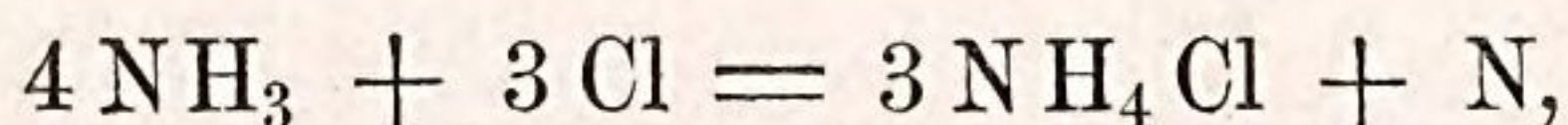


vier Volumina seiner Bestandtheile sind im Ammoniak selbst auf zwei Volumina condensirt.

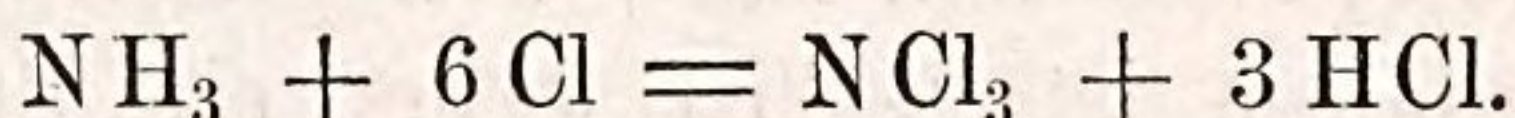
2 Vol. Ammoniak enthalten demnach:

|                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| 1 Volumen Stickstoff . . . . . | 14 Gewichtstheile  |
| 3 „ Wasserstoff . . . . .      | 3 „                |
| <hr/>                          |                    |
| 2 Volumina Ammoniak . . . . .  | 17 Gewichtstheile. |

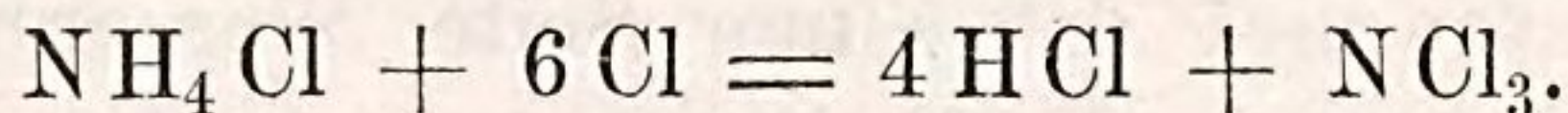
Das Gewicht eines Volumens Ammoniak, d. h. das Volumengewicht (spec. Gewicht) des Ammoniakgases, berechnet sich demnach zu 8,5, womit das durch den Versuch gefundene übereinstimmt. Von Chlorgas wird es unter Feuererscheinung zerlegt; es entsteht Chlorammonium und Stickstoffgas:



bei Ueberschuss von Chlor bildet sich Chlorstickstoff und Salzsäuregas:



Der Chlorstickstoff,  $\text{NCl}_3$ , ist eine dunkelgelbe ölige Flüssigkeit, ausgezeichnet durch ihre furchtbare Heftigkeit, mit welcher sie explodirt. Er wurde von Dulong 1812 entdeckt, und von ihm explosives Oel genannt. Dulong verlor bei der Entdeckung dieser sehr explosiven Verbindung ein Auge und einen Finger. Er entsteht stets neben Chlorwasserstoffsäure, wenn Chlor auf die Lösung eines Ammoniumsalzes, z. B. auf Salmiaklösung, einwirkt. Die Bildung erfolgt am raschesten bei einer Temperatur von ungefähr  $30^\circ \text{C}.$ :



Der Chlorstickstoff ist sehr flüchtig, riecht chlorähnlich, reizt die Augen zu Thränen. Sein spec. Gewicht ist 1,653. Bei  $70^\circ$  lässt er sich destilliren. Rasch auf eine höhere Temperatur erhitzt (etwa  $160^\circ \text{C}.$ ), explodirt er mit dem heftigsten Knalle, zerschmettert Glas und Guss-eisen, bewirkt aber in einer bleiernen Schale meistens nur Ausbiegung des Metalls. Er zerfällt bei der Zersetzung in Chlorgas und Stickgas. Die Bildungswärme desselben ist seiner leichten Zersetzbarkeit entsprechend negativ und zwar  $= - 38\,000$  Wärmeeinheiten<sup>1)</sup>. Bemerkenswerth ist, dass der Chlorstickstoff durch manche Stoffe zum Explodiren gebracht wird, durch ähnliche Stoffe nicht. Er explodirt mit Phosphor, ferner mit Phosphorverbindungen, die den Phosphor nicht im oxydirten Zustande enthalten, mit Selen, mit Arsen, mit concentrirten Alkalilösungen, mit fetten Oelen, mit Terpentinöl und Kautschuk. Er explodirt nicht mit Schwefel, Kohle, den meisten Metallen, Schwefelmetallen, Säuren, verdünnten Lösungen von Alkalien, Salzen, Weingeist, Aether, Campher, Gummi, Stärkemehl, Zucker, Harzen, festen Fetten und Wachs. Schwefelkohlenstoff löst ihn auf. Da der Chlorstickstoff bei chemischen Arbeiten nicht selten vorkommt, so ist Vorsicht am Platze.

<sup>1)</sup> H. Sainte-Claire Deville u. P. Hautefeuille, Compt. rend. 69, 152.

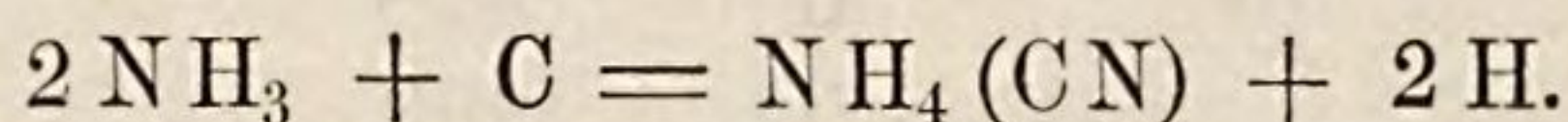


Brom wirkt auf gleiche Weise. Die Eigenschaften des Bromstickstoffs ( $\text{NBr}_3$ ) sind ganz gleich denen des Chlorstickstoffs; er ist ebenso explosiv. Die Elektrolyse des Bromammoniums ist noch nicht versucht worden.

Jod wirkt bei höherer Temperatur ebenso, wie Chlor und Brom, doch sind mehrere Verbindungen von Jodstickstoff bekannt, bei denen der Wasserstoff des Ammoniaks ganz oder theilweise durch Jod zersetzt ist. Man kennt  $\text{NJ}_3$  und  $\text{NHJ}_2$ . Der Jodstickstoff,  $\text{NJ}_3$ , verbindet sich ausserdem noch mit Ammoniak. Alle diese Verbindungen sind schwarze pulverförmige Körper und höchst explosiv. Sie explodiren noch leichter als Chlorstickstoff, im trockenen Zustande durch die leiseste Berührung oder Erschütterung, deshalb von selbst, können also nicht aufbewahrt werden. Die Explosion, ein heller Knall, ist nicht so betäubend. Die Verbindungen sind noch nicht genau bekannt und beschäftigen sich mit der Untersuchung viele Chemiker.

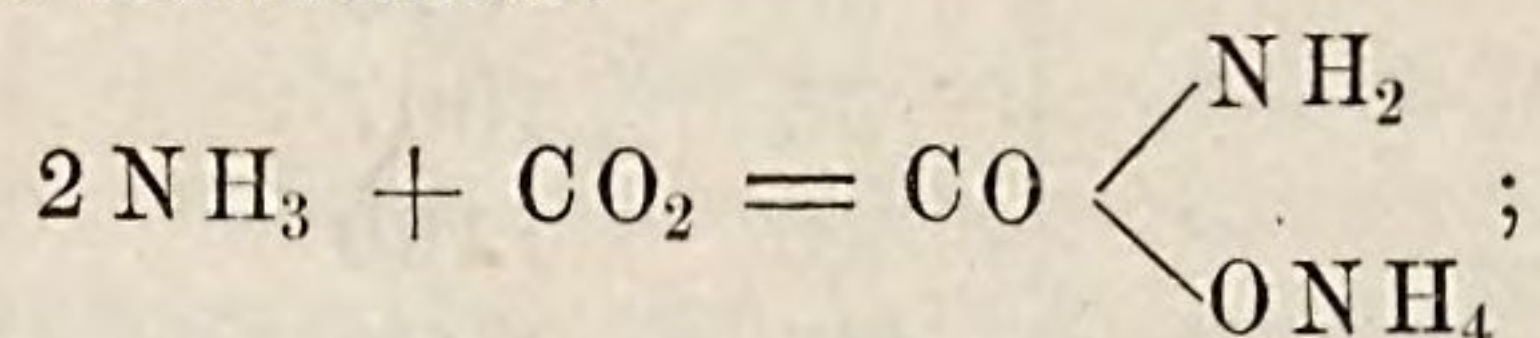
Lässt man zu erkaltetem Jod Ammoniak treten, so entsteht nach Bineau und Gay-Lussac eine schwarzbraune, sehr zähe, metallglänzende Flüssigkeit von der Zusammensetzung:  $3\text{NH}_3$ ,  $2\text{J}$ , welche sich mit Wasser sogleich zu Jodammonium und Jodstickstoff umsetzt.

Mit glühender Kohle giebt Ammoniak Cyanammonium und Wasserstoffgas:



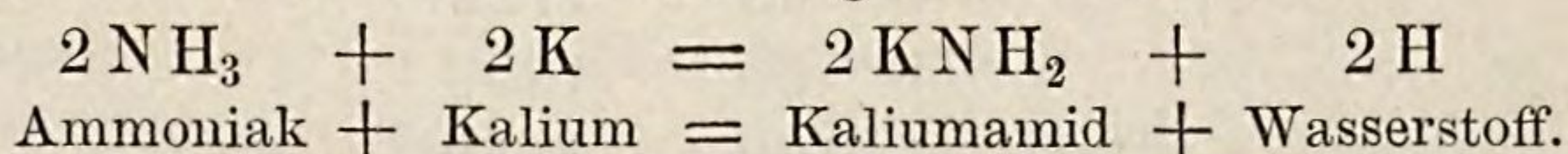
Das ist der Vorgang in den Gasretorten.

Lösungen von unterbromigsauren Alkalien entwickeln aus Ammoniak und seinen Salzen allen Stickstoff. Hierauf beruht Knop's Azotometer (s. S. 106). Mit wasserfreier Kohlensäure giebt trockenes Ammoniak carbaminsaures Ammoniak:

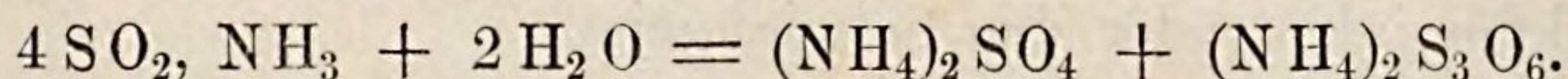


bei Gegenwart von Feuchtigkeit entsteht dabei Ammoniumcarbonat.

Beim Erhitzen mit Alkalimetallen giebt es Amide:



Leitet man in ein geräumiges Gefäss trockenes Ammoniak und trockenes Schwefligsäure-Anhydrid ein, so entsteht nach Rose eine anfangs schmierige gelbrothe Masse, die sich bei längerem Aufbewahren in der Kälte in gelbrothe Nadeln verwandelt. Es vereinigen sich dabei stets gleiche Volumen Ammoniak und Schwefeldioxyd, so dass der Substanz die Formel  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , Sulfitammon oder ein Vielfaches derselben, zukommt. An der Luft wird das Salz weiss und zerfliesst; die wässrige Lösung ist anfangs gelb, wird aber bald farblos und reagirt dann schwach sauer. Beim Verdunsten der Lösung im Vacuum bildet sich schwefelsaures und trithionsaures Ammonium:





Das Ammoniakgas lässt sich bei  $-40^{\circ}$  oder bei  $+10^{\circ}$  und einem Drucke von  $6\frac{1}{2}$  Atmosphären zu einer Flüssigkeit verdichten.

Das flüssige Ammoniak ist eine farblose, dünne, leicht bewegliche, stark lichtbrechende Flüssigkeit von 0,6362 specifischem Gewichte bei  $0^{\circ}$ , welche bei  $-33,7^{\circ}$  siedet und bei  $-80^{\circ}$  zu weissen Krystallen erstarrt.

Die Tension des flüssigen Ammoniaks ist nach Bunsen bei

|                 |         |            |
|-----------------|---------|------------|
| $-33,7^{\circ}$ | $= 1$   | Atmosphäre |
| $-5$            | $= 4$   | „          |
| $0$             | $= 4,8$ | „          |
| $+10$           | $= 6,5$ | „          |
| $+20$           | $= 8,8$ | „          |

Nach Regnault ist die Spannkraft von  $\text{NH}_3$  in Cubikcentimetern Quecksilber:

| Temperatur |      |
|------------|------|
| $-30$      | 86   |
| $-25$      | 110  |
| $-20$      | 140  |
| $-15$      | 174  |
| $-10$      | 215  |
| $-5$       | 262  |
| $0$        | 318  |
| $+5$       | 383  |
| $+10$      | 457  |
| $+15$      | 542  |
| $+20$      | 639  |
| $+25$      | 748  |
| $+30$      | 870  |
| $+35$      | 1007 |
| $+40$      | 1160 |
| $+45$      | 1330 |
| $+50$      | 1516 |
| $+55$      | 1722 |
| $+60$      | 1950 |
| $+100$     | 4660 |

In dem flüssigen Ammoniak lösen sich die Metalle Kalium und Natrium unverändert auf und bleiben beim Verdunsten des Ammoniaks in Krystallen zurück; ebenso verhalten sich Lithium und Rubidium. Die Erdalkalimetalle, wie die schweren, sind unlöslich. Es lösen sich noch: Jod, Schwefel, Phosphor, sowie die meisten Nitrate, Chloride, Bromide und Jodide.

Flüssiges Ammoniak wird zur Carré'schen Eismaschine benutzt.

Ammoniak wird von Alkohol und Aether absorbirt, von Wasser aber in ganz bedeutender Menge, und diese Lösung bildet die sogenannte Ammoniakflüssigkeit oder den Salmiakgeist.



Die wässerige Auflösung des Ammoniakgases riecht wie das Gas, schmeckt ätzend laugenhaft, reagirt stark alkalisch und verhält sich den kaustischen Alkalien vollkommen ähnlich (s. S. 15).

Auf die Zunge gebracht ruft sie Blasen hervor. Bis auf  $-40^{\circ}$  erkaltet, krystallisirt sie in langen Nadeln, welche glänzend weiss erscheinen. Sie siedet bei um so niedriger Temperatur, je concentrirter sie ist. Das specifische Gewicht ist um so geringer, je mehr Ammoniak sie enthält.

Der Siedepunkt der Ammoniakflüssigkeit ist nach Dalton:

| Ammoniakflüssigkeit<br>Proc. Gewichtstheile | Siedepunkt<br>Grad C. | Ammoniakflüssigkeit<br>Proc. Gewichtstheile | Siedepunkt<br>Grad C. |
|---------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|-----------------------|
| 35,4                                        | $-4$                  | 15,1                                        | $+50$                 |
| 32,6                                        | $+3,5$                | 12,8                                        | 57                    |
| 30,0                                        | 9,5                   | 10,5                                        | 63                    |
| 27,3                                        | 17,0                  | 8,3                                         | 70                    |
| 24,7                                        | 23,0                  | 6,2                                         | 79                    |
| 22,2                                        | 30,0                  | 4,1                                         | 87                    |
| 19,8                                        | 30,6                  | 2,1                                         | 92                    |
| 17,4                                        | 44                    |                                             |                       |

Beim Auflösen von Ammoniak in Wasser werden nach Berthelot<sup>1)</sup> 8820 Wärmeeinheiten pro Molecül entwickelt.

Die wässerige Lösung des Ammoniaks findet sowohl im Laboratorium, wie in der Technik die ausgedehnteste Verwendung. Der Salmiakgeist von 0,960 spec. Gew. ist der Liquor ammonii caustici in der Medicin.

Das Auflösungsvermögen des Wassers für Ammoniakgas ist um so grösser, je niedriger die Temperatur; Siedehitze treibt aus der Lösung das Gas vollständig aus und selbst bei gewöhnlicher Temperatur dunstet eine bedeutende Menge Gas davon ab, daher der starke Geruch der Lösung.

1 Volumen Wasser löst bei 760 mm Druck und bei

|             |             |              |              |              |                      |
|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| $0^{\circ}$ | $4^{\circ}$ | $10^{\circ}$ | $15^{\circ}$ | $20^{\circ}$ |                      |
| 1049,6      | 941,9       | 812,8        | 727,2        | 654,0        | Volumen Ammoniakgas. |

1 Gramm Wasser löst bei 760 mm Druck dem Gewichte nach bei:

<sup>1)</sup> Compt. rend. 76, 1041.



| Temperatur<br>° C. | Gramm<br>N H <sub>3</sub> | Temperatur<br>° C. | Gramm<br>N H <sub>3</sub> |
|--------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|
| 0                  | 0,875                     | 30                 | 0,403                     |
| 2                  | 0,833                     | 32                 | 0,382                     |
| 4                  | 0,793                     | 34                 | 0,362                     |
| 6                  | 0,751                     | 36                 | 0,343                     |
| 8                  | 0,713                     | 38                 | 0,324                     |
| 10                 | 0,679                     | 40                 | 0,307                     |
| 12                 | 0,645                     | 42                 | 0,290                     |
| 14                 | 0,612                     | 44                 | 0,275                     |
| 16                 | 0,582                     | 46                 | 0,259                     |
| 18                 | 0,554                     | 48                 | 0,244                     |
| 20                 | 0,526                     | 50                 | 0,229                     |
| 22                 | 0,499                     | 52                 | 0,214                     |
| 24                 | 0,474                     | 54                 | 0,200                     |
| 26                 | 0,449                     | 56                 | 0,185                     |
| 28                 | 0,426                     | 100                | 0,074                     |

Es folgen einige Tabellen des specifischen Gewichtes der Ammoniakflüssigkeit bei verschiedenem Gehalte. Es ist dabei die Temperatur zu berücksichtigen, bei welcher die specifischen Gewichte bestimmt sind. 2° mehr oder weniger ändern das specif. Gew. um etwa 5 in der vierten Decimalstelle, entsprechend einem Plus oder Minus von  $\frac{1}{8}$  Proc. im Gehalte.

Tabelle der specifischen Gewichte der Ammoniakflüssigkeit bei deren verschiedenem Gehalte.

Temperatur + 16° C. Von Otto.

| Specifisches<br>Gewicht | Procente<br>Ammoniak | Specifisches<br>Gewicht | Procente<br>Ammoniak | Specifisches<br>Gewicht | Procente<br>Ammoniak |
|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| 0,9517                  | 12,000               | 0,9550                  | 11,125               | 0,9578                  | 10,375               |
| 0,9521                  | 11,875               | 0,9555                  | 11,000               | 0,9583                  | 10,250               |
| 0,9526                  | 11,750               | 0,9556                  | 10,950               | 0,9588                  | 10,125               |
| 0,9531                  | 11,625               | 0,9559                  | 10,875               | 0,9593                  | 10,000               |
| 0,9536                  | 11,500               | 0,9564                  | 10,750               | 0,9597                  | 9,875                |
| 0,9540                  | 11,375               | 0,9569                  | 10,625               | 0,9602                  | 9,750                |
| 0,9545                  | 11,250               | 0,9574                  | 10,500               | 0,9607                  | 9,625                |



| Specifisches Gewicht | Procente Ammoniak | Specifisches Gewicht | Procente Ammoniak | Specifisches Gewicht | Procente Ammoniak |
|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| 0,9612               | 9,500             | 0,9673               | 7,875             | 0,9735               | 6,250             |
| 0,9616               | 9,375             | 0,9678               | 7,750             | 0,9740               | 6,125             |
| 0,9621               | 9,250             | 0,9683               | 7,625             | 0,9745               | 6,000             |
| 0,9626               | 9,125             | 0,9688               | 7,500             | 0,9749               | 5,875             |
| 0,9631               | 9,000             | 0,9692               | 7,375             | 0,9754               | 5,750             |
| 0,9636               | 8,875             | 0,9697               | 7,250             | 0,9759               | 5,625             |
| 0,9641               | 8,750             | 0,9702               | 7,125             | 0,9764               | 5,500             |
| 0,9645               | 8,625             | 0,9707               | 7,000             | 0,9768               | 5,375             |
| 0,9650               | 8,500             | 0,9711               | 6,875             | 0,9773               | 5,250             |
| 0,9654               | 8,375             | 0,9716               | 6,750             | 0,9778               | 5,125             |
| 0,9659               | 8,250             | 0,9721               | 6,625             | 0,9783               | 5,000             |
| 0,9664               | 8,125             | 0,9726               | 6,500             |                      |                   |
| 0,9669               | 8,000             | 0,9730               | 6,375             |                      |                   |

Tabelle des specifischen Gewichtes der Ammoniakflüssigkeit bei deren verschiedenem Gehalte an Ammoniak.

Temperatur  $+ 14^{\circ}$  C. Von Carius<sup>1)</sup>.

| Specifisches Gewicht | Procente Ammoniak | Specifisches Gewicht | Procente Ammoniak | Specifisches Gewicht | Procente Ammoniak |
|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| 0,8844               | 36,0              | 0,8907               | 33,0              | 0,8976               | 30,0              |
| 0,8848               | 35,8              | 0,8911               | 32,8              | 0,8981               | 29,8              |
| 0,8852               | 35,6              | 0,8916               | 32,6              | 0,8986               | 29,6              |
| 0,8856               | 35,4              | 0,8920               | 32,4              | 0,8991               | 29,4              |
| 0,8860               | 35,2              | 0,8925               | 32,2              | 0,8996               | 29,2              |
| 0,8864               | 35,0              | 0,8929               | 32,0              | 0,9001               | 29,0              |
| 0,8868               | 34,8              | 0,8934               | 31,8              | 0,9006               | 28,8              |
| 0,8872               | 34,6              | 0,8938               | 31,6              | 0,9011               | 28,6              |
| 0,8877               | 34,4              | 0,8943               | 31,4              | 0,9016               | 28,4              |
| 0,8881               | 34,2              | 0,8948               | 31,2              | 0,9021               | 28,2              |
| 0,8885               | 34,0              | 0,8953               | 31,0              | 0,9026               | 28,0              |
| 0,8889               | 33,8              | 0,8957               | 30,8              | 0,9031               | 27,8              |
| 0,8894               | 33,6              | 0,8962               | 30,6              | 0,9036               | 27,6              |
| 0,8898               | 33,4              | 0,8967               | 30,4              | 0,9041               | 27,4              |
| 0,8903               | 33,2              | 0,8971               | 30,2              | 0,9047               | 27,2              |

<sup>1)</sup> An Chem. Pharm. 99, 164.



| Specifisches Gewicht | Procente Ammoniak | Specifisches Gewicht | Procente Ammoniak | Specifisches Gewicht | Procente Ammoniak |
|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| 0,9052               | 27,0              | 0,9314               | 18,0              | 0,9631               | 9,0               |
| 0,9057               | 26,8              | 0,9321               | 17,8              | 0,9639               | 8,8               |
| 0,9063               | 26,6              | 0,9327               | 17,6              | 0,9647               | 8,6               |
| 0,9068               | 26,4              | 0,9333               | 17,4              | 0,9654               | 8,4               |
| 0,9073               | 26,2              | 0,9340               | 17,2              | 0,9662               | 8,2               |
| 0,9078               | 26,0              | 0,9347               | 17,0              | 0,9670               | 8,0               |
| 0,9083               | 25,8              | 0,9353               | 16,8              | 0,9677               | 7,8               |
| 0,9089               | 25,6              | 0,9360               | 16,6              | 0,9685               | 7,6               |
| 0,9094               | 25,4              | 0,9366               | 16,4              | 0,9693               | 7,4               |
| 0,9100               | 25,2              | 0,9373               | 16,2              | 0,9701               | 7,2               |
| 0,9106               | 25,0              | 0,9380               | 16,0              | 0,9709               | 7,0               |
| 0,9111               | 24,8              | 0,9386               | 15,8              | 0,9717               | 6,8               |
| 0,9116               | 24,6              | 0,9393               | 15,6              | 0,9725               | 6,6               |
| 0,9122               | 24,4              | 0,9400               | 15,4              | 0,9733               | 6,4               |
| 0,9127               | 24,2              | 0,9407               | 15,2              | 0,9741               | 6,2               |
| 0,9133               | 24,0              | 0,9414               | 15,0              | 0,9749               | 6,0               |
| 0,9139               | 23,8              | 0,9420               | 14,8              | 0,9757               | 5,8               |
| 0,9145               | 23,6              | 0,9427               | 14,6              | 0,9765               | 5,6               |
| 0,9150               | 23,4              | 0,9434               | 14,4              | 0,9773               | 5,4               |
| 0,9156               | 23,2              | 0,9441               | 14,2              | 0,9781               | 5,2               |
| 0,9162               | 23,0              | 0,9449               | 14,0              | 0,9790               | 5,0               |
| 0,9168               | 22,8              | 0,9456               | 13,8              | 0,9799               | 4,8               |
| 0,9174               | 22,6              | 0,9463               | 13,6              | 0,9807               | 4,6               |
| 0,9180               | 22,4              | 0,9470               | 13,4              | 0,9815               | 4,4               |
| 0,9185               | 22,2              | 0,9477               | 13,2              | 0,9823               | 4,2               |
| 0,9191               | 22,0              | 0,9484               | 13,0              | 0,9831               | 4,0               |
| 0,9197               | 21,8              | 0,9491               | 12,8              | 0,9839               | 3,8               |
| 0,9203               | 21,6              | 0,9498               | 12,6              | 0,9847               | 3,6               |
| 0,9209               | 21,4              | 0,9505               | 12,4              | 0,9855               | 3,4               |
| 0,9215               | 21,2              | 0,9512               | 12,2              | 0,9863               | 3,2               |
| 0,9221               | 21,0              | 0,9520               | 12,0              | 0,9873               | 3,0               |
| 0,9227               | 20,8              | 0,9527               | 11,8              | 0,9882               | 2,8               |
| 0,9233               | 20,6              | 0,9534               | 11,6              | 0,9890               | 2,6               |
| 0,9239               | 20,4              | 0,9542               | 11,4              | 0,9899               | 2,4               |
| 0,9245               | 20,2              | 0,9549               | 11,2              | 0,9907               | 2,2               |
| 0,9251               | 20,0              | 0,9556               | 11,0              | 0,9915               | 2,0               |
| 0,9257               | 19,8              | 0,9563               | 10,8              | 0,9924               | 1,8               |
| 0,9264               | 19,6              | 0,9571               | 10,6              | 0,9932               | 1,6               |
| 0,9271               | 19,4              | 0,9578               | 10,4              | 0,9941               | 1,4               |
| 0,9277               | 19,2              | 0,9586               | 10,2              | 0,9950               | 1,2               |
| 0,9283               | 19,0              | 0,9593               | 10,0              | 0,9959               | 1,0               |
| 0,9289               | 18,8              | 0,9601               | 9,8               | 0,9967               | 0,8               |
| 0,9296               | 18,6              | 0,9608               | 9,6               | 0,9975               | 0,6               |
| 0,9302               | 18,4              | 0,9616               | 9,4               | 0,9983               | 0,4               |
| 0,9308               | 18,2              | 0,9623               | 9,2               | 0,9991               | 0,2               |



Die folgende Tabelle ist von Wachsmuth und bezieht sich auf eine Temperatur von 12° C. <sup>1)</sup>.

| Specifisches<br>Gewicht<br>bei 12° C. | 1 kg<br>enthält<br>NH <sub>3</sub><br>in g | 1 Liter<br>enthält<br>NH <sub>3</sub><br>in g | 1 Liter besteht aus |                                            |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|
|                                       |                                            |                                               | Wasser<br>in ccm    | verflüssigtem<br>NH <sub>3</sub><br>in ccm |
| 0,870                                 | 384,4                                      | 334,5                                         | 535,5               | 464,5                                      |
| 0,872                                 | 376,9                                      | 328,6                                         | 543,4               | 456,6                                      |
| 0,874                                 | 369,4                                      | 322,8                                         | 551,2               | 448,8                                      |
| 0,876                                 | 362,0                                      | 317,1                                         | 558,9               | 441,1                                      |
| 0,878                                 | 354,6                                      | 311,3                                         | 566,7               | 433,3                                      |
| 0,880                                 | 347,2                                      | 305,5                                         | 574,5               | 425,5                                      |
| 0,882                                 | 340,0                                      | 299,8                                         | 582,2               | 417,8                                      |
| 0,884                                 | 332,9                                      | 294,2                                         | 589,8               | 410,2                                      |
| 0,886                                 | 325,8                                      | 288,6                                         | 597,4               | 402,6                                      |
| 0,888                                 | 318,7                                      | 283,0                                         | 605,0               | 395,0                                      |
| 0,890                                 | 311,6                                      | 277,3                                         | 612,7               | 387,3                                      |
| 0,892                                 | 304,7                                      | 271,7                                         | 620,3               | 379,7                                      |
| 0,894                                 | 297,8                                      | 266,2                                         | 627,8               | 372,2                                      |
| 0,896                                 | 290,9                                      | 260,6                                         | 635,4               | 364,6                                      |
| 0,898                                 | 284,1                                      | 255,1                                         | 642,9               | 257,1                                      |
| 0,900                                 | 277,3                                      | 249,5                                         | 650,5               | 349,5                                      |
| 0,902                                 | 270,7                                      | 244,1                                         | 657,9               | 342,1                                      |
| 0,904                                 | 264,1                                      | 238,7                                         | 665,3               | 334,7                                      |
| 0,906                                 | 257,7                                      | 233,4                                         | 672,6               | 327,4                                      |
| 0,908                                 | 251,3                                      | 228,2                                         | 679,8               | 320,2                                      |
| 0,910                                 | 244,9                                      | 222,8                                         | 687,2               | 312,8                                      |
| 0,912                                 | 238,6                                      | 217,6                                         | 694,4               | 305,6                                      |
| 0,914                                 | 232,3                                      | 212,3                                         | 701,7               | 298,3                                      |
| 0,916                                 | 226,0                                      | 207,0                                         | 709,0               | 291,0                                      |
| 0,918                                 | 219,7                                      | 201,6                                         | 716,4               | 283,6                                      |
| 0,920                                 | 213,4                                      | 196,3                                         | 723,7               | 276,3                                      |
| 0,922                                 | 207,3                                      | 191,1                                         | 730,9               | 269,1                                      |
| 0,924                                 | 201,2                                      | 185,9                                         | 738,1               | 261,9                                      |
| 0,926                                 | 195,1                                      | 180,6                                         | 745,4               | 254,6                                      |
| 0,928                                 | 189,0                                      | 175,4                                         | 752,6               | 247,4                                      |

<sup>1)</sup> Archiv f. Pharm. [3] 8, 510.



| Specifisches<br>Gewicht<br>bei 12° C. | 1 kg<br>enthält<br>N H <sub>3</sub><br>in g | 1 Liter<br>enthält<br>N H <sub>3</sub><br>in g | 1 Liter besteht aus |                                             |
|---------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------|
|                                       |                                             |                                                | Wasser<br>in ccm    | verflüssigtem<br>N H <sub>3</sub><br>in ccm |
| 0,930                                 | 182,9                                       | 170,1                                          | 759,9               | 240,1                                       |
| 0,932                                 | 176,9                                       | 164,8                                          | 767,2               | 232,8                                       |
| 0,934                                 | 170,9                                       | 159,6                                          | 774,4               | 225,6                                       |
| 0,936                                 | 164,9                                       | 154,3                                          | 781,7               | 218,3                                       |
| 0,938                                 | 158,9                                       | 149,0                                          | 789,0               | 211,0                                       |
| 0,940                                 | 152,9                                       | 143,7                                          | 796,3               | 203,7                                       |
| 0,942                                 | 147,1                                       | 138,5                                          | 803,5               | 196,5                                       |
| 0,944                                 | 141,3                                       | 133,3                                          | 810,7               | 189,3                                       |
| 0,946                                 | 135,6                                       | 128,2                                          | 817,8               | 182,2                                       |
| 0,948                                 | 129,9                                       | 123,1                                          | 824,9               | 175,1                                       |
| 0,950                                 | 124,2                                       | 118,0                                          | 832,0               | 168,0                                       |
| 0,952                                 | 118,7                                       | 113,0                                          | 839,0               | 161,0                                       |
| 0,954                                 | 113,2                                       | 108,0                                          | 846,0               | 154,0                                       |
| 0,956                                 | 107,8                                       | 103,0                                          | 853,0               | 147,0                                       |
| 0,958                                 | 102,4                                       | 98,1                                           | 859,9               | 140,1                                       |
| 0,960                                 | 97,0                                        | 93,1                                           | 866,9               | 133,1                                       |
| 0,962                                 | 91,6                                        | 88,1                                           | 873,9               | 126,1                                       |
| 0,964                                 | 86,2                                        | 83,0                                           | 881,0               | 119,0                                       |
| 0,966                                 | 80,8                                        | 78,0                                           | 888,0               | 112,0                                       |
| 0,968                                 | 75,5                                        | 73,0                                           | 895,0               | 105,0                                       |
| 0,970                                 | 70,2                                        | 68,0                                           | 902,0               | 98,0                                        |
| 0,972                                 | 65,2                                        | 63,6                                           | 908,7               | 91,3                                        |
| 0,974                                 | 60,2                                        | 58,6                                           | 915,4               | 84,6                                        |
| 0,976                                 | 55,2                                        | 53,8                                           | 922,2               | 77,8                                        |
| 0,978                                 | 50,2                                        | 49,1                                           | 928,9               | 71,1                                        |
| 0,980                                 | 45,3                                        | 44,3                                           | 935,7               | 64,3                                        |
| 0,982                                 | 40,4                                        | 39,6                                           | 942,4               | 57,6                                        |
| 0,984                                 | 35,5                                        | 34,9                                           | 949,1               | 50,9                                        |
| 0,986                                 | 30,6                                        | 30,1                                           | 955,9               | 44,1                                        |
| 0,988                                 | 25,8                                        | 25,5                                           | 962,5               | 37,5                                        |
| 0,990                                 | 21,0                                        | 20,7                                           | 969,3               | 30,7                                        |



Auch von Salzlösungen wird Ammoniak absorbiert, ohne dass diese dabei etwas ausscheiden. Der Löslichkeitscoefficient für Kalilauge ist um so geringer als derjenige von Wasser, je concentrirter die Kalilauge ist.

Kaliumnitrat absorbiert mehr Ammoniak wie Wasser, Natriumnitrat und Ammoniumnitrat absorbieren genau soviel wie Wasser.

Die Absorption des Ammoniaks von Holzkohle hat Hunter<sup>1)</sup> untersucht und absorbiert 1 Vol. Kohle bei 0° und beim Druck in Millimetern:

| Quecksilber | Vol. N H <sub>3</sub> | Quecksilber | Vol. N H <sub>3</sub> |
|-------------|-----------------------|-------------|-----------------------|
| 760,0       | 170,7                 | 1486,5      | 183,5                 |
| 1104,3      | 174,3                 | 1795,1      | 188,7                 |
| 1178,0      | 176,0                 | 2002,6      | 196,7                 |
| 1269,2      | 178,2                 | 2608,5      | 209,8                 |
| 1369,5      | 180,8                 |             |                       |

Bei 760 mm Druck absorbiert ferner 1 Volumen Kohle bei

|      | 0°    | 5°    | 10°   | 15°   | 20°   | 25°   | 30°   | 35°   |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Vol. | 175,7 | 169,5 | 163,8 | 157,6 | 148,6 | 140,1 | 131,9 | 123,0 |

Wir haben gesehen, dass die wässerige Auflösung des Ammoniakgases, das sogenannte kaustische Ammoniak oder der Salmiakgeist, eine laugenhaft schmeckende, kaustisch, d. h. ätzend wirkende und energisch basisch oder alkalisch reagirende, d. h. geröthetes Lackmus bläuende und Curcuma bräunende Flüssigkeit darstellt, sonach Eigenschaften besitzt, welche, abgesehen von dem Mangel an Feuerbeständigkeit, ganz mit denen der kaustischen Alkalien oder der sogenannten Hydroxyde (Oxydhydrate) der Alkalimetalle zusammenfallen. Dem kaustischen Ammoniak kommt aber überdies noch die Fähigkeit zu, Säuren genau so und ebenso vollständig zu neutralisiren, als dies die kaustischen Alkalien thun. Neutralisirt man eine beliebige Säure durch kaustisches Ammoniak und dampft die neutralisirte Flüssigkeit vorsichtig ab, so erhält man eine Krystallisation, welche alle Eigenschaften der sogenannten Salze zeigt und zwar der Salze der Alkalien im Allgemeinen und der des Kalis insbesondere, insofern nämlich die so aus der Neutralisation von Säuren mit Ammoniak entstehenden Salze mit den correspondirenden Kalisalzen isomorph sind. Die wässerige Auflösung des Ammoniaks verhält sich sonach in allen Stücken wie ein Hydroxyd eines Alkalimetalls, obgleich seiner Zusammensetzung nach eine Analogie mit letzterem in keiner Weise besteht. Es mag anfangs schwierig erscheinen, das Ammoniak und seine Verbindungen mit der Theorie der Alkalimetalle und

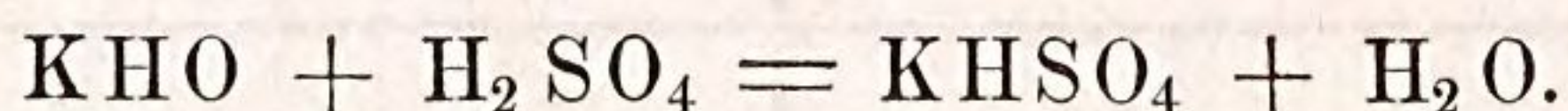
<sup>1)</sup> Chem. Soc. J. [2] 9, 76; 10, 649.



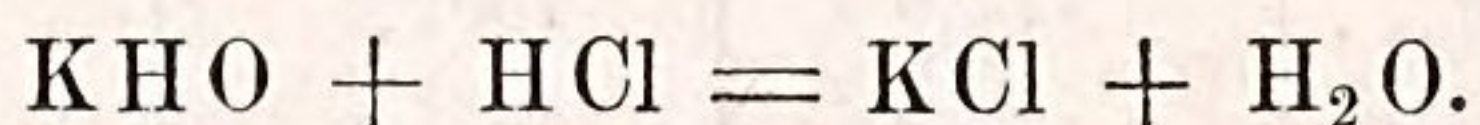
ihrer Salze in Einklang zu bringen, aber man wird, gestützt auf folgende wichtige Thatsachen, sich leicht davon überzeugen.

Wir wissen, dass, wenn eine Säure sich mit einer Base zu einem Salze vereinigt, dabei Wasser abgeschieden wird und zwar durch das sogenannte Hydratwasser der Säure. Wenn aber das Ammoniak sich mit einer Säure zu einem Salze vereinigt, so findet eine Abscheidung des Wassers nicht statt. Wir haben demnach hier einen wesentlichen Unterschied in dem Verhalten des Ammoniaks gegen Säuren gegenüber dem entsprechenden Verhalten der Metalloxyde.

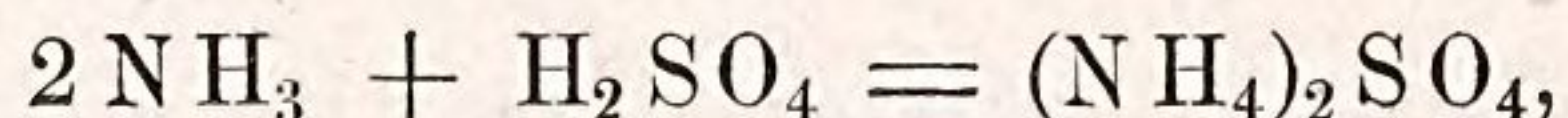
Durch Neutralisation von Kaliumhydroxyd mit Schwefelsäure erhalten wir schwefelsaures Kalium und Wasser:



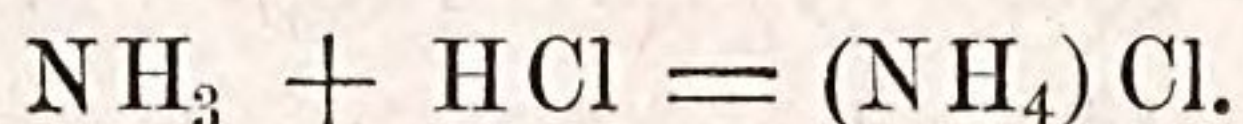
Durch Neutralisation von Kaliumhydroxyd mit Salzsäure erhalten wir Chlorkalium und Wasser:



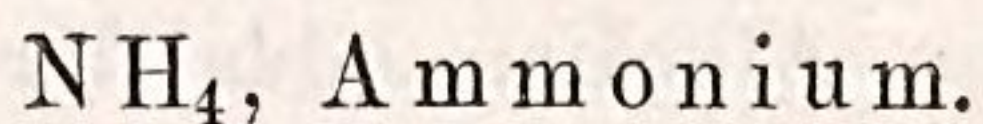
Durch Neutralisation von Ammoniak mit Schwefelsäure dagegen erhalten wir sogenanntes schwefelsaures Ammoniak:



und durch Neutralisation von Ammoniak mit Chlorwasserstoffsäure erhalten wir chlorwasserstoffsäures Ammoniak resp. Chlorammonium:



Nun hat man aber gewichtige Gründe anzunehmen, dass auch eine Verbindung des Stickstoffs mit dem Wasserstoff besteht, eine Verbindung von 1 Atom Stickstoff mit 4 Atomen Wasserstoff, und deren Formel demnach ist:



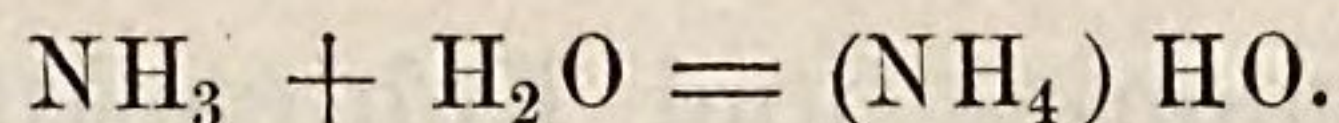
Ammonium ist eine Verbindung, welche bisher im freien Zustande noch nicht dargestellt werden können, deren Existenz aber aus dem Vorhandensein einer sehr grossen Zahl von Körpern gefolgert werden muss, deren Constitution die Annahme einer solchen Atomgruppe erheischt.

Es verhält sich in diesen Körpern das Ammonium in allen Beziehungen den Metallen analog und kann daher als ein zusammengesetztes Metall (Radical) betrachtet werden. In Verbindung mit Quecksilber, als Ammoniumamalgam, erhält man es, indem man Natriumamalgam mit Chlorammoniumlösung übergiesst, oder indem man eine Lösung von Chlorammonium der Elektrolyse unterwirft und dabei den negativen Pol in Quecksilber eintauchen lässt. Das Ammoniumamalgam, welches etwa 0,1 Proc. Ammonium enthält, bildet eine schwammige, butterweiche, in grosser Kälte krystallinisch erstarrende Masse, welche bei gewöhnlicher



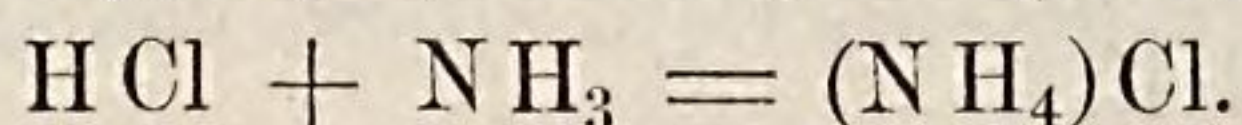
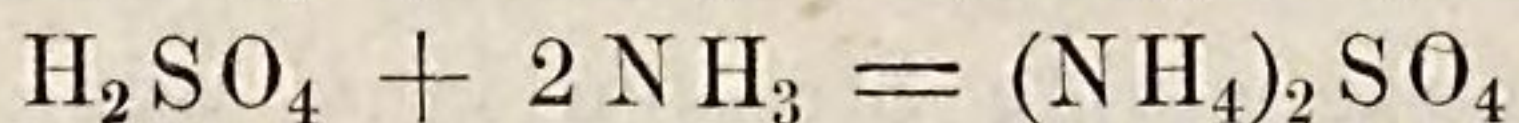
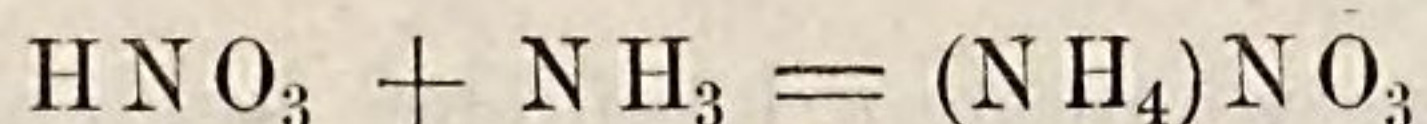
Temperatur, sobald sie dem Bereiche des elektrischen Stromes entzogen ist, sich in Quecksilber, Wasserstoff und Ammoniak zersetzt, wobei 2 Vol. Ammoniak und 1 Vol. Wasserstoff frei werden.

Die Verbindungen des Ammoniums leiten sich deshalb auf einfache Weise vom Ammoniak her, dessen wässerige Lösung als Ammoniumoxydhydrat zu betrachten ist:

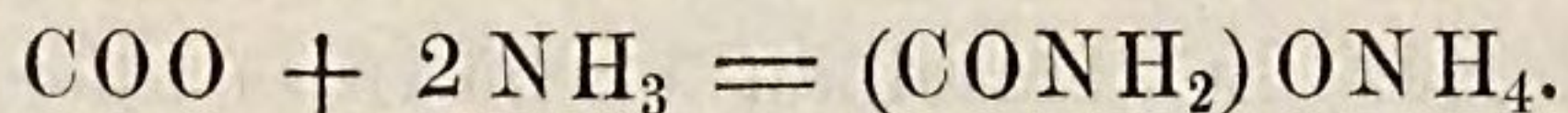


Dass das Ammoniak oder das Ammoniumoxydhydrat sich genau so verhält, wie die Oxydhydrate der Alkalien, speciell des Kalis, haben wir oben gezeigt.

Wir wissen, dass das Ammoniak mit Säuren Salze giebt. Es tritt aber an die Stelle des typischen Wasserstoffs der Säure nicht  $\text{NH}_3$ , sondern  $(\text{NH}_4)$ , und es giebt daher keine Ammoniak-, sondern Ammoniumsalze:



Abweichend hiervon verhält sich das Ammoniak bei der Einwirkung auf Säureanhydride. Es entsteht dabei zwar ebenfalls ein Ammoniumsalz, aber nicht das der angewandten Säure, sondern das einer Aminsäure, indem 2 Mol. Ammoniak dabei so verwendet werden, dass sie sich in die beiden Atomgruppen  $\text{NH}_2$  und  $\text{NH}_4$  verwandeln, von denen erstere in die Constitution der neuen Säure eingeht, während letztere als Ammonium sich mit dieser verbindet; so liefert ein Molecül Kohlensäureanhydrid mit 2 Mol. Ammoniak 1 Mol. carbaminsaures Ammonium:



Bei der Bildung der Ammoniumsalze wird sehr viel Wärme frei, so beim Vereinigen von Ammoniak mit Salzsäuregas pro Molecül 41 910 Wärmeeinheiten.

Sowohl in der Schrift- wie Umgangssprache hat sich der Gebrauch eingebürgert, nicht Ammoniumsalze, sondern Ammoniaksalze zu sagen und ich folge deshalb dem allgemeinen Sprachgebrauche und spreche in Zukunft von Ammoniaksalzen.

Alle Ammoniaksalze verflüchtigen sich in der Hitze, entweder unzersetzt oder unter Zersetzung. Sie sind farblos, wenn die Säure ungefärbt ist, krystallisirbar, schmecken salzig-stechend, und lösen sich leicht in Wasser, mit Ausnahme von Ammoniumplatinchlorid und weinsaurem Ammoniak, welche schwer löslich sind. Viele verlieren beim Abdampfen ihrer wässerigen Lösung, einige schon beim blossen Liegen an der Luft, einen Theil ihres Ammoniaks. Mit den Alkalien und anderen Metalloxyden stark basischen Charakters zusammen gerieben oder erwärmt, entwickeln sie Ammoniak, erkennbar am Geruche und an der Bräunung von darüber gehaltenem Curcumapapier, sowie an der Eigen-



schaft, mit einer, in Gestalt eines Tropfens an einem Glasstabe darüber gehaltenen, flüchtigen Säure weisse Nebel zu bilden. Platinchlorid fällt daraus einen gelben Niederschlag von Ammonium-Platinchlorid.

Die wichtigsten Ammoniaksalze sind folgende:

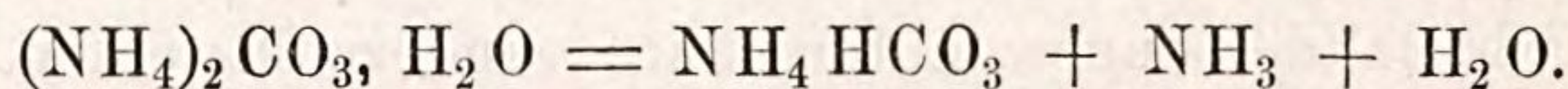
### Ammoniak und Kohlensäure.

Es giebt mehrere Verbindungen der Kohlensäure mit dem Ammoniak und wollen wir dieselben, soweit sie jetzt noch in Betracht kommen, aufzählen.

Neutrales kohlensaures Ammoniak,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

Es wird erhalten, wenn man käufliches kohlensaures Ammoniak in verschlossenem Gefässe einige Stunden lang mit starkem Ammoniakwasser bei  $12^\circ \text{C}$ . behandelt.

Es bildet gestreckte, sehr grosse weisse Tafeln oder flache Prismen, die an der Luft unter Bildung von saurem Salz ihren Glanz verlieren:



Es riecht sehr stark nach Ammoniak und schmeckt ammoniakalisch; bei  $58^\circ$  zerfällt es in Wasser, Kohlensäure und Ammoniak, löst sich bei  $15^\circ$  in seinem gleichen Gewichte Wasser und krystallisirt in der Kälte meist unverändert. Die verdünnte Lösung enthält freies Ammoniak, neutrales und saures Salz<sup>1)</sup>. Sie entwickelt bei  $70^\circ$  Gas, kocht bei  $75^\circ$  und lässt  $\text{CO}_2$  und  $\text{NH}_3$  in demselben Verhältniss übergehen, wie sie im Salze vorhanden sind.

Halbsaures kohlensaures Ammoniak,  $(\text{NH}_4)_4\text{H}_2(\text{CO}_3)_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

Es wird erhalten, wenn man kohlensaures Ammoniak in concentrirter Ammoniakflüssigkeit bei ungefähr  $30^\circ$  löst und auskrystallisiren lässt.

Es bildet grosse durchsichtige, weisse, rhombische Prismen, welche stark nach Ammoniak riechen und schmecken.

Es löst sich in 5 Thln. Wasser bei  $15^\circ$  unverändert auf, durch mehr Wasser und beim Erhitzen zersetzt sich die Lösung unter starker Gasentwicklung.

---

<sup>1)</sup> Berthelot, Compt. rend. 73, 951.



Saures kohlensaures Ammoniak,  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ .

Es entsteht, wenn man eine concentrirte Lösung von kohlensaurem Ammoniak mit Kohlensäure sättigt, sowie beim Verwittern von reicheren Ammoniaksalzen.

Es bildet grosse luftbeständige, weisse, rhombische Krystalle oder weisses mehliges Pulver. Es hat ein spec. Gew. von 1,573 (Schiff); riecht trocken nicht nach Ammoniak, schmeckt kühlend und salzig. Bei  $60^\circ$  zerfällt es in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak. Es löst sich leicht in Wasser; die Lösung zersetzt sich an der Luft oder beim Erhitzen leicht unter Entwicklung von Kohlensäure.

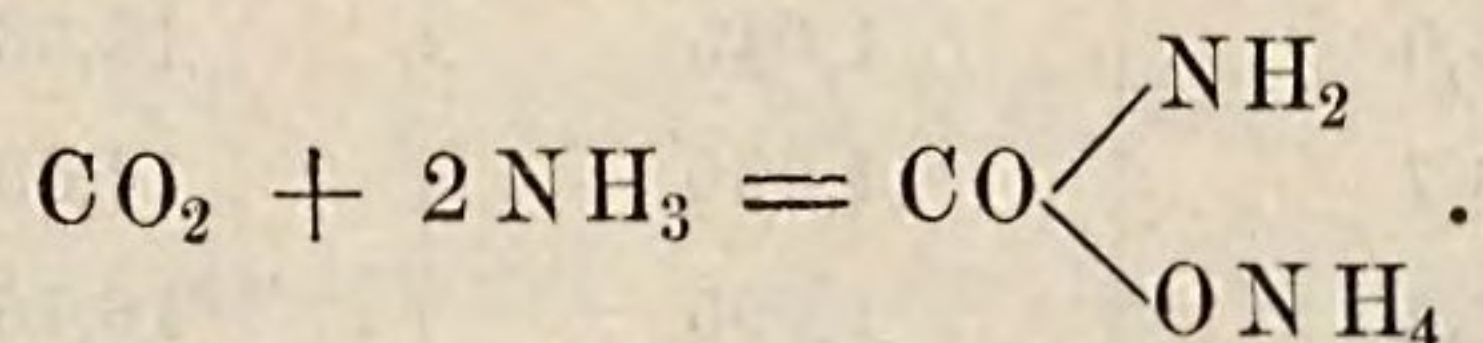
Nach Dibbits lösen 100 Thle. Wasser:

|               |            |            |            |            |                  |
|---------------|------------|------------|------------|------------|------------------|
| bei $0^\circ$ | $10^\circ$ | $15^\circ$ | $20^\circ$ | $25^\circ$ | $30^\circ$       |
| 11,9          | 15,8       | 18,3       | 21,0       | 23,9       | 27,0 Thle. Salz. |

Es findet sich in der Natur in Guanolagern.

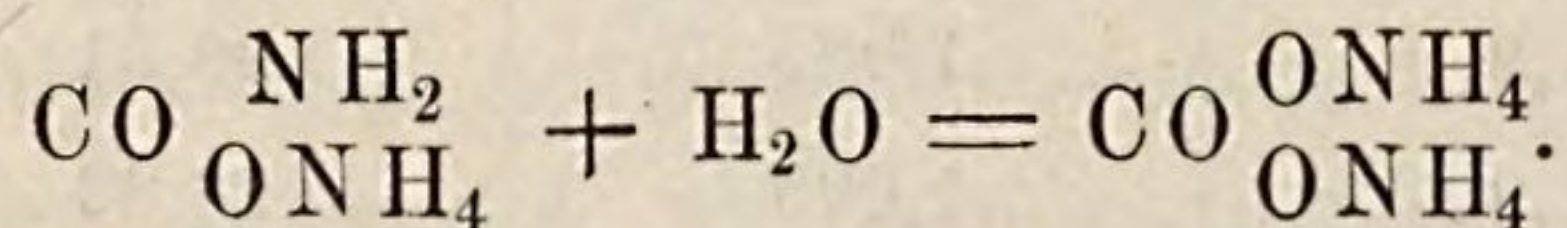
Carbaminsaures Ammoniak steht in der Mitte zwischen neutralem kohlensaurem Ammoniak und Harnstoff,  $\text{CO} \begin{smallmatrix} \text{NH}_2 \\ \text{ONH}_4 \end{smallmatrix}$ .

Es entsteht durch directe Vereinigung von 1 Mol.  $\text{CO}_2$  mit 2 Mol.  $\text{NH}_3$ :



Es bildet grosse Tafeln oder krystallinische Krusten, welche stark nach Ammoniak riechen, sich verflüchtigen und an der Luft zerfliessen.

Es löst sich unter merklicher Temperaturerniedrigung in  $1\frac{1}{2}$  Thln. Wasser unzersetzt, geht aber bald unter Wasseraufnahme in kohlensaures Ammoniak über:



Bei  $60^\circ$  zersetzt es sich vollständig zu Kohlensäure und Ammoniak, bei 50 bis  $55^\circ$  entsteht es wieder aus diesen Bestandtheilen.

Käufliches kohlensaures Ammoniak, *Sal cornu cervi volatile*: Ammonium carbonicum, das Hirschhornsalz des Handels, ist eine Verbindung von carbaminsaurem Ammoniak mit saurem kohlensaurem Ammoniak. Das früher im Handel vorkommende hatte die Formel  $2(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)(\text{NH}_2)\text{CO}_2$ , das jetzt im Handel vorkommende hat die Formel  $(\text{NH}_4)\text{HCO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)\text{NH}_2\text{CO}_2$ , also eine Verbindung von gleichen Moleculen carbaminsaurem und saurem kohlensaurem Ammoniak.

Es bildet ein weisses krystallinisches Salz, welches sehr stark nach Ammoniak riecht (Riechsalz) und an der Luft unter Verlust von 47 Proc. zu saurem Ammoniumcarbonat verwittert. Es verwandelt sich bei  $60^\circ$



in Dampf, destillirt bei langsamem Erhitzen unverändert. Es löst sich bei 15° in 4 Thln., bei 65° in 1½ Thln. Wasser (Divers). Die Lösung entwickelt bei 75° Kohlensäure, bei 85° Ammoniak und bei 100° ist alles Salz verflüchtigt.

Tabelle über das spec. Gew. der Lösungen von gewöhnlichem kohlensaurem Ammoniak bei 15° C.

| Grade<br>Twaddle | Grade<br>Baumé | Spec. Gew.<br>bei 15° | Proc.<br>kohlensaures<br>Ammoniak | Veränderung<br>des spec. Gew.<br>für ± 1 |
|------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|
| 1                | 0,6            | 1,005                 | 1,66                              | 0,0002                                   |
| 2                | 1,4            | 1,010                 | 3,18                              | 0,0002                                   |
| 3                | 2,1            | 1,015                 | 4,60                              | 0,0003                                   |
| 4                | 2,7            | 1,020                 | 6,04                              | 0,0003                                   |
| 5                | 3,4            | 1,025                 | 7,49                              | 0,0003                                   |
| 6                | 4,1            | 1,030                 | 8,93                              | 0,0004                                   |
| 7                | 4,7            | 1,035                 | 10,35                             | 0,0004                                   |
| 8                | 5,4            | 1,040                 | 11,86                             | 0,0004                                   |
| 9                | 6,0            | 1,045                 | 13,36                             | 0,0005                                   |
| 10               | 6,7            | 1,050                 | 14,83                             | 0,0005                                   |
| 11               | 7,4            | 1,055                 | 16,16                             | 0,0005                                   |
| 12               | 8,0            | 1,060                 | 17,70                             | 0,0005                                   |
| 13               | 8,7            | 1,065                 | 19,18                             | 0,0005                                   |
| 14               | 9,4            | 1,070                 | 20,70                             | 0,0005                                   |
| 15               | 10,0           | 1,075                 | 22,25                             | 0,0006                                   |
| 16               | 10,6           | 1,080                 | 23,78                             | 0,0006                                   |
| 17               | 11,2           | 1,085                 | 25,31                             | 0,0006                                   |
| 18               | 11,9           | 1,090                 | 26,82                             | 0,0007                                   |
| 19               | 12,4           | 1,095                 | 28,33                             | 0,0007                                   |
| 20               | 13,0           | 1,100                 | 29,93                             | 0,0007                                   |
| 21               | 13,6           | 1,105                 | 31,77                             | 0,0007                                   |
| 22               | 14,2           | 1,110                 | 33,45                             | 0,0007                                   |
| 23               | 14,9           | 1,115                 | 35,08                             | 0,0007                                   |
| 24               | 15,4           | 1,120                 | 36,88                             | 0,0007                                   |
| 25               | 16,0           | 1,125                 | 38,71                             | 0,0007                                   |
| 26               | 16,5           | 1,130                 | 40,34                             | 0,0007                                   |
| 27               | 17,1           | 1,135                 | 42,20                             | 0,0007                                   |
| 28               | 17,8           | 1,140                 | 44,29                             | 0,0007                                   |
| 29               | 17,9           | 1,1414                | 44,90                             | 0,0007                                   |



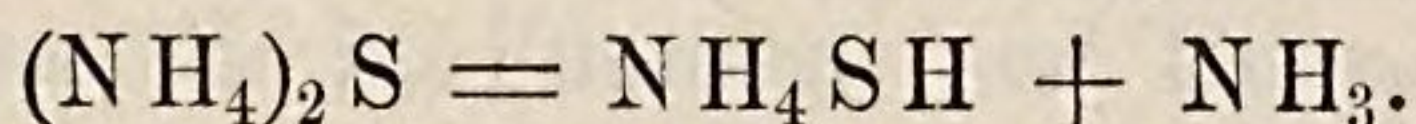
## Ammoniak und Schwefel.

Man kennt sechs Verbindungen des Schwefels mit Ammonium. Sie sind alle flüchtig, in Wasser löslich und leicht zersetzbar.

Einfach-Schwefelammonium, Ammoniummonosulfid,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$ ,

Molekulargewicht 68,

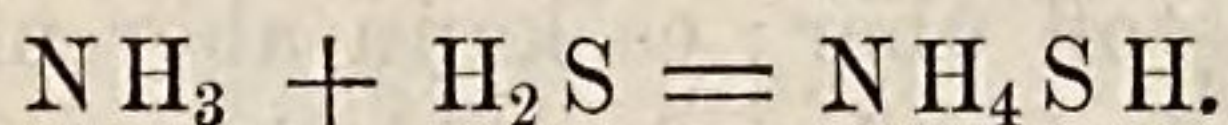
entsteht aus Schwefelwasserstoff und überschüssigem Ammoniak. Es bildet bei  $-18^\circ$  farblose Krystalle, welche sich in Wasser leicht lösen. Die Lösung ist beständig, während die Krystalle Ammoniakgas abgeben, indem Sulfhydrat entsteht:



Im Dampfzustande existirt es nicht, sondern zerfällt in  $2\text{NH}_3$  und  $\text{H}_2\text{S}$ .

Ammoniumsulfhydrat,  $\text{NH}_4\text{SH}$ ,

entsteht durch Zusammentreten von Ammoniakgas mit Schwefelwasserstoffgas:



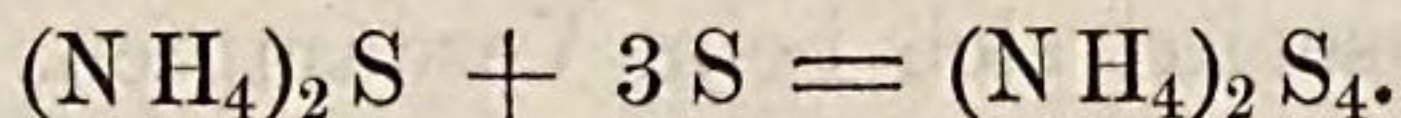
Diese Verbindung condensirt sich zu farblosen Blättchen, welche sehr flüchtig sind, alkalisch reagiren, sehr stark nach Ammoniak und Schwefelwasserstoff riechen und an der Luft gelb werden, indem sich eine höhere Schwefelungsstufe des Ammoniums bildet. Die Dampfdichte ist bei  $56,7^\circ = 0,89$ . Im Dampfzustande zerfällt es in  $\text{NH}_3$  und  $\text{H}_2\text{S}$ . Die Lösung in Wasser wird an der Luft gelb; es scheidet sich Schwefel aus und es entsteht unterschwefligsaures Ammoniak.

Die Verbindungen des Ammoniaks mit mehr Schwefel entstehen durch Auflösen von Schwefel in gewöhnlichem Schwefelammonium (Polysulfurete). Sie sind folgende:

Vierfach-Schwefelammonium,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_4$ ,

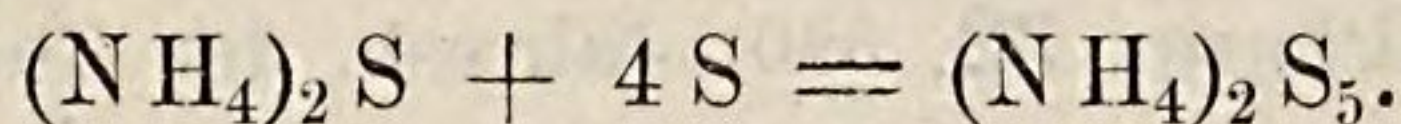
Molekulargewicht 164,

entsteht durch Auflösen von drei Schwefel in Schwefelammonium:



Fünffach-Schwefelammonium,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_5$ .

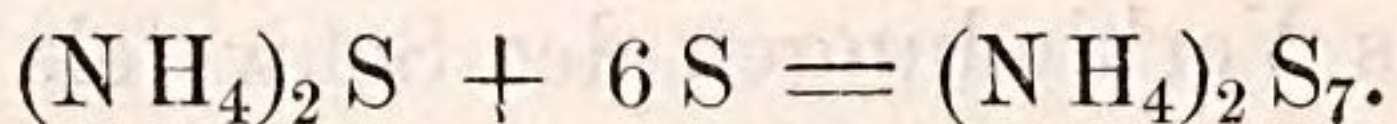
Molekulargewicht 196.





Siebenfach-Schwefelammonium,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_7$ .

Moleculargewicht 260.



Diese Verbindungen zersetzen sich leicht und haben wenig Bedeutung.

Das Schwefelammonium bildet überhaupt keinen Artikel für grössere Fabrikation, obgleich es leicht gewonnen werden kann, wenn man in einer Retorte schwefelsaures Ammoniak mit Soda-Auslaugungsrückstand oder Gaskalk, welche beide sehr reich an Schwefelcalcium sind, mischt, einen Dampfstrahl einbläst und die Dämpfe durch einen Condensationsapparat leitet. Man hat zu achten auf Verstopfung der Leitungen durch Erstarren des Schwefelammoniums <sup>1)</sup>.

Rhodanammonium,  $\text{NH}_4\text{S}(\text{CN})$ , oder Schwefelcyanammonium.

Es bildet farblose, glänzend weisse Blättchen, welche sehr leicht in Wasser unter bedeutender Temperaturerniedrigung löslich sind. 100 Thle. Wasser lösen bei 0° 122 Theile, bei 20° 162 Theile. Das spec. Gewicht des Salzes ist 1,3075 bei 13°; es schmilzt bei 159° und geht bei längerem Schmelzen in Thioharnstoff über; es kann aber nicht im Dampfzustande bestehen, und bildet sich erst bei der Abkühlung des Gases aus Schwefelammonium und Schwefelkohlenstoff:



oder auch aus Cyanammonium und Schwefelammonium.

Es findet sich oft in bedeutenden Massen in der Gasreinigungsmasse; im englischen Gaswasser kommen oft 20 bis 31 g im Liter vor. In wässerigem Rhodanammonium lösen sich mehrere Metalloxyde, wie Zinkoxyd, Silberoxyd, Quecksilberoxyd etc. auf, indem Doppeltrhodanide entstehen (Fleischer <sup>2)</sup>):

Cyanammonium,  $\text{NH}_4\text{CN}$ ,

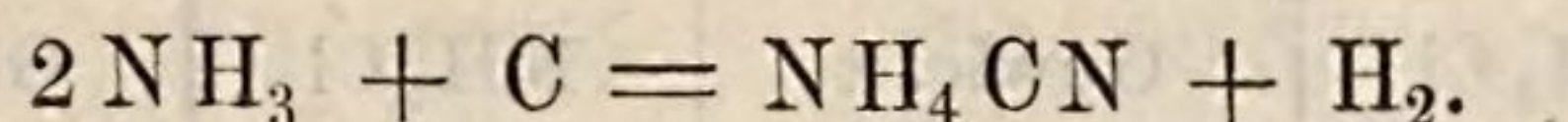
bildet ein festes, farbloses, in Würfeln krystallisirendes Salz, welches sich leicht in Wasser und Alkohol löst, und intensiv nach Cyanwasserstoffsäure (Blausäure) und Ammoniak riecht. Es ist sehr flüchtig, verdampft bei 36° C., dissociirt sich beim Verdampfen, denn die Dichtigkeit seines Dampfes 0,79 entspricht der Dichtigkeit eines Gemenges von Ammoniakgas und Cyanwasserstoffsäuregas <sup>3)</sup>. Es ist sehr unbeständig

<sup>1)</sup> Spence, Wagner's Jahrb. 1867, 230. — <sup>2)</sup> Ann. Chem. Pharm. 179, 225. — <sup>3)</sup> Ann. Chem. Pharm. 32, 320; Jahresb. der Chem. 1863, 17.



und verwandelt sich an der Luft in eine braune Substanz, welche sehr stickstoffreich ist (Azulminsäure). Es ist äusserst giftig.

Es entsteht, wenn Ammoniakgas über glühende Kohlen geleitet wird; es setzt sich dann in den kalten Theilen der Apparate ab:



### Cyansaures Ammoniak, $(\text{CO})\text{N}(\text{NH}_4)$ .

Diese Verbindung kommt im Ammoniakwasser seltener vor. Das Salz hat aber ein allgemeines Interesse, indem es die Veranlassung zu einer der wichtigsten Entdeckungen im Gesamtbereich der Naturwissenschaften gab.

Bis zu der 1828 von Wöhler ausgeführten Untersuchung nahm man allgemein an, dass die im Pflanzen- und Thierkörper aufgefundenen chemischen Verbindungen ihre Entstehung einer besonderen Kraft, „der Lebenskraft“, verdankten. Wöhler zeigte nun, dass das cyansaure Ammoniak in wässriger Lösung sofort eine Umlagerung seiner Atome erfahre und in eine Verbindung,  $(\text{CO})(\text{NH}_2)_2$ , übergehe. Dieser Körper ist aber identisch mit dem Harnstoff, welcher von den Thieren ausgeschieden wird. Damit war zum ersten Male ein Körper künstlich gewonnen (künstlicher Harnstoff), dessen Entstehung man bisher in engste Beziehung zur Lebenskraft brachte. Mit dieser Entdeckung musste aber natürlich die Lehre von der Lebenskraft zu Grabe gehen; um so mehr, als bald darauf viele weitere Stoffe des Thier- und Pflanzenreichs synthetisch dargestellt wurden.

### Chlorammonium, $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Moleculargewicht 53,5; specifisches Gewicht 1,52.

In 100 Theilen:  $\text{NH}_4 = 33,65$ .  $\text{Cl} = 66,35$ ,

$\text{NH}_3 = 31,77$ .  $\text{HCl} = 68,23$ .

Chlorammonium ist das schon im Alterthum bekannte Salz Salmiak. Es schmeckt scharf salzig und löst sich in Wasser unter starker Abkühlung sehr leicht. 100 Thle. Wasser lösen nach Alluard <sup>1)</sup>:

|     |    |       |     |       |     |               |
|-----|----|-------|-----|-------|-----|---------------|
| bei | 0° | 28,40 | 40° | 46,60 | 80° | 63,92         |
|     | 10 | 32,84 | 50  | 50,60 | 90  | 68,36         |
|     | 20 | 37,28 | 60  | 55,04 | 100 | 72,80         |
|     | 30 | 41,72 | 70  | 59,48 | 110 | 77,24 Theile. |

<sup>1)</sup> Ann. Chem. Pharm. 133, 292.



Specifisches Gewicht von Salmiaklösungen nach Gerlach  
bei + 15° C.

| Specifisches<br>Gewicht | Procent<br>NH <sub>4</sub> Cl | Specifisches<br>Gewicht | Procent<br>NH <sub>4</sub> Cl | Specifisches<br>Gewicht | Procent<br>NH <sub>4</sub> Cl |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 1,00316                 | 1                             | 1,03081                 | 10                            | 1,05648                 | 19                            |
| 1,00632                 | 2                             | 1,03370                 | 11                            | 1,05929                 | 20                            |
| 1,00948                 | 3                             | 1,03658                 | 12                            | 1,06204                 | 21                            |
| 1,01264                 | 4                             | 1,03947                 | 13                            | 1,06479                 | 22                            |
| 1,01580                 | 5                             | 1,04325                 | 14                            | 1,06754                 | 23                            |
| 1,01880                 | 6                             | 1,04524                 | 15                            | 1,07029                 | 24                            |
| 1,02180                 | 7                             | 1,04805                 | 16                            | 1,07304                 | 25                            |
| 1,02481                 | 8                             | 1,05086                 | 17                            | 1,07575                 | 26                            |
| 1,02781                 | 9                             | 1,05367                 | 18                            | 1,07658                 | 26,297                        |

Die Dampfdichte ist nach Bineau 0,89 <sup>1)</sup>.

Der Salmiak krystallisirt aus seiner Lösung in kleinen Octaëdern, die sich an einander reihen und federartige Formen bilden, oder auch in Würfeln.

Es lässt sich sublimiren und bildet dann eine zähe, faserig krystal-  
linische Masse, die sich sehr schlecht pulvern lässt <sup>2)</sup>. Beim Kochen  
seiner Lösung in Wasser entweicht Ammoniak, so dass er saure Reaction  
zeigt. Er befördert auch aus diesem Grunde sehr das Rosten der  
Metalle. Beim Verdampfen zerfällt er in gleiche Volume NH<sub>3</sub> und HCl.  
Der Salmiak findet in der Technik ausgedehnte Verwendung.

## Ammoniak und Schwefelsäure.

Schwefelsaures Ammoniak, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Moleculargewicht = 132; spec. Gewicht 1,76.

In 100 Theilen = 25,75 NH<sub>3</sub>; 60,61 SO<sub>3</sub> und 13,64 H<sub>2</sub>O.

Das schwefelsaure Ammoniak ist ein neutrales Salz, welches wasser-  
helle, rhombische Krystalle bildet, welche sehr scharf salzig schmecken,  
beim Erhitzen verknistern, bei 140° schmelzen und sich in höherer  
Temperatur (280°) zersetzen in Stickgas, schwefligsaures Ammoniak,

<sup>1)</sup> Ann. chim. phys. 68, 416.

<sup>2)</sup> Man verwandelt deshalb den sublimirten Salmiak in pulvrigen, dass  
man ihn in heissem Wasser in einer Porcellanschale löst, und die Lösung ver-  
dunsten lässt, wo er als krystallinisches Pulver zurückbleibt.



Ammoniak und Wasser, wobei das Glas stark angefressen wird. Es löst sich in 2 Thln. kaltem und 1 Thl. warmem Wasser auf.

100 Thle. Wasser lösen nach Alluard bei <sup>1)</sup>):

|    |       |     |                    |
|----|-------|-----|--------------------|
| 0° | 71,00 | 60° | 86,90              |
| 10 | 73,65 | 70  | 89,55              |
| 20 | 76,30 | 80  | 92,20              |
| 30 | 78,95 | 90  | 94,85              |
| 40 | 81,60 | 100 | 97,50 Theile Salz. |
| 50 | 84,25 |     |                    |

In Weingeist von 85 Vol.-Proc. ist es unlöslich.

Specifisches Gewicht der Lösungen von schwefelsaurem Ammoniak bei + 15°. Von Schiff.

| Specifisches Gewicht | Procent (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Specifisches Gewicht | Procent (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Specifisches Gewicht | Procent (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |
|----------------------|---------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------|
| 1,0057               | 1                                                       | 1,1035               | 18                                                      | 1,2004               | 35                                                      |
| 1,0115               | 2                                                       | 1,1092               | 19                                                      | 1,2060               | 36                                                      |
| 1,0172               | 3                                                       | 1,1149               | 20                                                      | 1,2116               | 37                                                      |
| 1,0230               | 4                                                       | 1,1207               | 21                                                      | 1,2172               | 38                                                      |
| 1,0287               | 5                                                       | 1,1265               | 22                                                      | 1,2228               | 39                                                      |
| 1,0345               | 6                                                       | 1,1323               | 23                                                      | 1,2284               | 40                                                      |
| 1,0403               | 7                                                       | 1,1381               | 24                                                      | 1,2343               | 41                                                      |
| 1,0460               | 8                                                       | 1,1439               | 25                                                      | 1,2402               | 42                                                      |
| 1,0518               | 9                                                       | 1,1496               | 26                                                      | 1,2462               | 43                                                      |
| 1,0575               | 10                                                      | 1,1554               | 27                                                      | 1,2522               | 44                                                      |
| 1,0632               | 11                                                      | 1,1612               | 28                                                      | 1,2583               | 45                                                      |
| 1,0690               | 12                                                      | 1,1670               | 29                                                      | 1,2644               | 46                                                      |
| 1,0747               | 13                                                      | 1,1724               | 30                                                      | 1,2705               | 47                                                      |
| 1,0805               | 14                                                      | 1,1780               | 31                                                      | 1,2766               | 48                                                      |
| 1,0862               | 15                                                      | 1,1836               | 32                                                      | 1,2828               | 49                                                      |
| 1,0920               | 16                                                      | 1,1892               | 33                                                      | 1,2890               | 50                                                      |
| 1,0977               | 17                                                      | 1,1948               | 34                                                      |                      |                                                         |

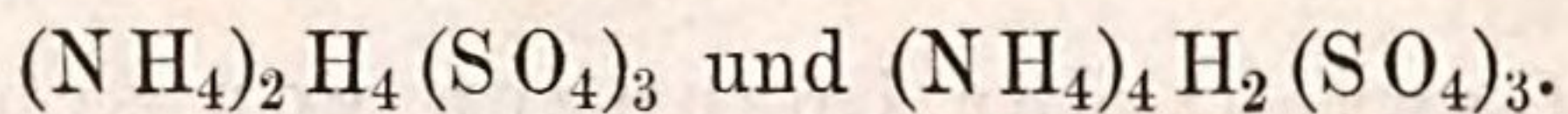
Es giebt noch einige schwefelsaure Salze, die aber weniger in Betracht kommen, so:

<sup>1)</sup> Compt. rend. 59, 500.



Das saure schwefelsaure Ammoniak,  $(\text{NH}_4)_3(\text{HSO}_4)_2$ , bildet dünne, weisse, nicht zerfliessliche Tafeln, und wird erhalten, indem man zu dem neutralen Salze so viel Schwefelsäure zugiebt, als es enthält, die Lösung eindampft und erkalten lässt (Mitscherlich<sup>1)</sup>).

Das zweifach-schwefelsaure Ammoniak,  $(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$ , bildet weisse Krystalle, welche man aus einer heissen Lösung von neutralem Salz in concentrirter Schwefelsäure erhält. Es bildet sich auch, wenn man das neutrale Salz erhitzt, bis kein Ammoniak mehr entweicht (Schweitzer<sup>2)</sup>). Man kennt noch nach Schweitzer:



## Ammoniak mit Schwefligsäure.

### Schwefligsaures Ammoniak.

Es giebt zwei Salze, ein neutrales Salz,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , welches weisse, seidenglänzende Krystalle bildet, welche alkalisch reagiren und unangenehm kaustisch schmecken, und ein pyroschwefligsaures Ammoniak,  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_5$ ; dasselbe ist eine weisse, griesartige Masse, welche sehr leicht in Wasser und Alkohol löslich ist.

Unterschwefligsaures Ammoniak,  $3(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , bildet rhombische Tafeln, welche sehr leicht zerfliessen.

Die bis jetzt beschriebenen Salze sind im Gaswasser enthalten, es kommen aber daselbst noch mehrere organische Verbindungen, je nach Zusammensetzung der Kohle, vor, die aber noch nicht bekannt sind.

---

<sup>1)</sup> Pogg. Ann. 39, 195. — <sup>2)</sup> Amer. Chem. 7, 42.



## Die Verarbeitung des Ammoniakwassers.

Das Ammoniakwasser wird in den meisten Fabriken auf schwefelsaures Ammoniak, Salmiakgeist und sogenanntes concentrirtes Ammoniakwasser, seltener wohl auf Salmiak und kohlen-saures Ammoniak verarbeitet.

Viele verschiedene Destillationsapparate für Ammoniakwasser sind construirt worden, die mehr oder weniger tauglich sind. Es ist nun nicht meine Absicht, sämmtliche vorgeschlagenen Destillationsapparate aufzuzählen, sondern ich will nur diejenigen berücksichtigen, die seiner Zeit in Fabriken in Thätigkeit waren oder noch sind.

Ich gebe zuerst einen allgemeinen Ueberblick über die verschiedenen Apparate, und lasse eine Beschreibung der Fabrikation der einzelnen Ammoniakpräparate später folgen.

Da das Ammoniakwasser das Ammoniak nicht nur in Form von freiem Ammoniak, oder von leicht zersetzbaren Verbindungen, sondern auch in Form von fixen Salzen enthält, so gründet sich die Verarbeitung erstens auf Austreibung des leicht flüchtigen, und zweitens auf Freimachung des gebundenen Ammoniaks.

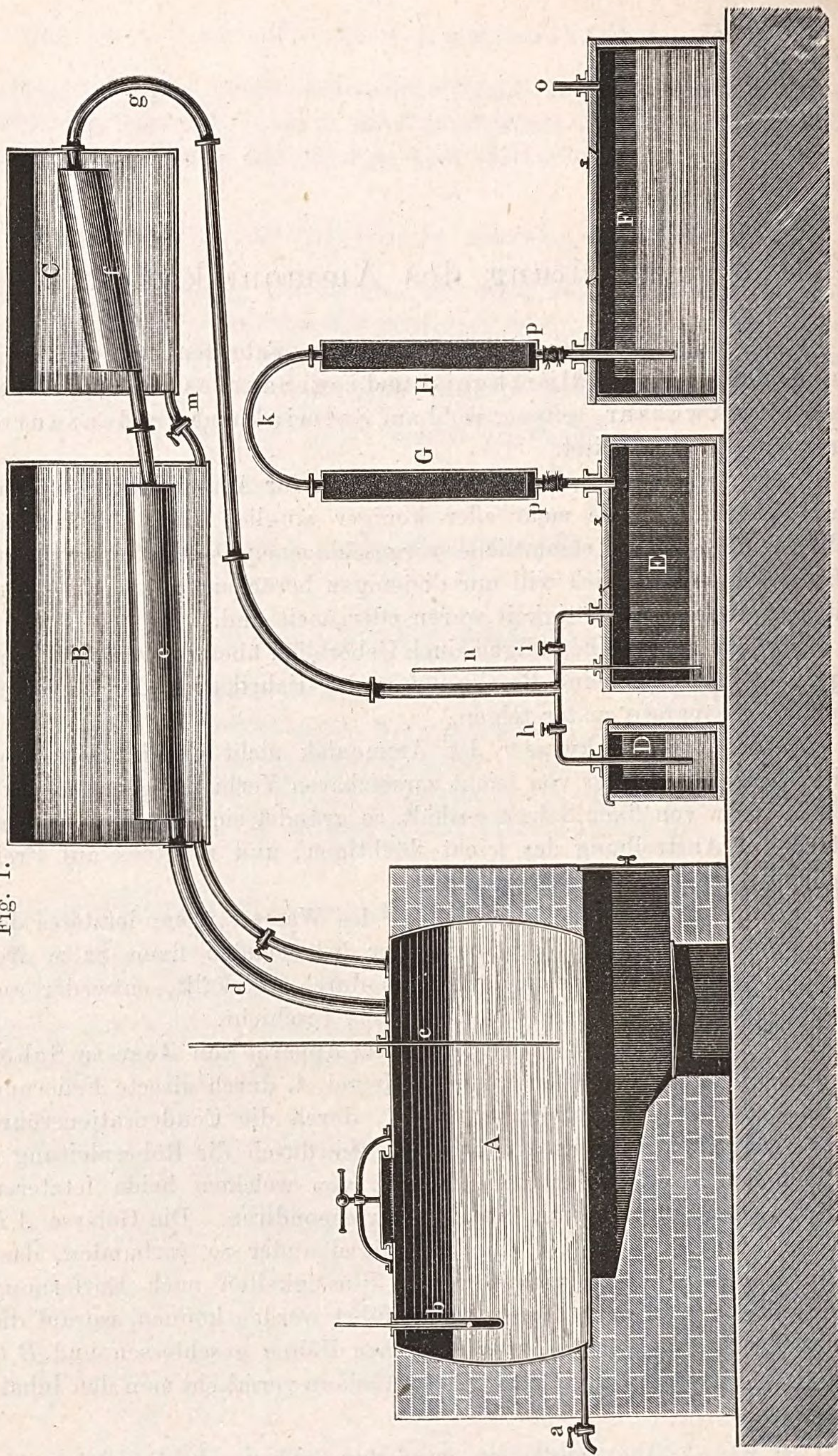
Ersteres geht schon bei Siedehitze des Wassers über; letzteres dagegen muss erst durch Zersetzung der betreffenden fixen Salze freigemacht werden, welches in der Praxis durch Aetzkalk, entweder angewandt in Pulverform oder als Kalkmilch, geschieht.

Fig. 1 (a. f. S.) giebt ein Bild von dem Apparat von Rose in Schöningen<sup>1)</sup>. Derselbe besteht aus dem Kessel *A*, durch directe Feuerung erhitzt, aus den Vorwärmern *B* und *C*, durch die Condensationsröhre *d, e, f* erwärmt, sowie aus dem mit ersterem durch die Röhrenleitung *g* verbundenen Absorptionsgefässe *D E F*, von welchem beide letzteren durch das Gasfilter *G H* mit einander correspondiren. Die Gefässe *A B* sind durch das Rohr *d*, *B, C* durch *m* mit einander so verbunden, dass die in letzteren beiden vorgewärmten Flüssigkeiten nach Entfernung des Inhaltes von *A* nach diesem übergeführt werden können, worauf die an den Verbindungsrohren *l m* befindlichen Hähne geschlossen und *B C* mit kaltem Gaswasser angefüllt werden. Alsdann vermischt man den Inhalt

---

<sup>1)</sup> H. Fleck, Die Fabrikation chemischer Producte aus thierischen Abfällen.







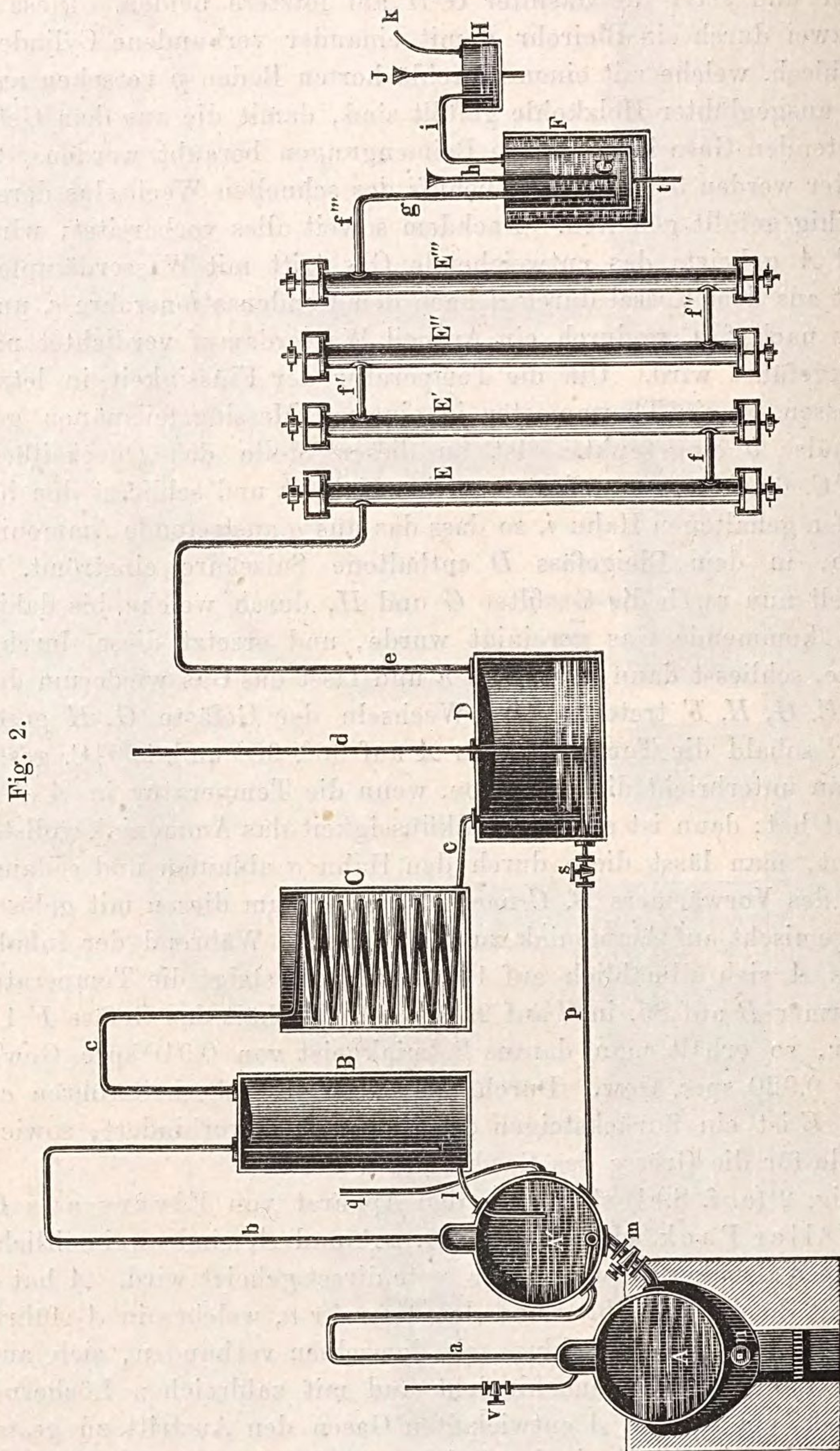
des Kessels *A* mit einem Drittheil eines Volumens gelöschtem Kalk, füllt das Bleigefäss *D* mit starker Salzsäure, die Gefässe *E F* mit reinem Wasser und setzt die Gasfilter *G H* auf letztere beiden. Diese Filter sind zwei durch ein Bleirohr *K* mit einander verbundene Cylinder von Weissblech, welche mit einem durchlöcherten Boden *p* versehen und mit frisch ausgeglühter Holzkohle gefüllt sind, damit die aus dem Gefäss *E* austretenden Gase ihrer letzten Beimengungen beraubt werden. Solche Gasfilter werden 3 bis 4 Paare, behufs des schnellen Wechsels derselben, vorrätig gefüllt gehalten. Nachdem soweit alles vorbereitet, wird der Kessel *A* geheizt; das entweichende Gas tritt mit Wasserdämpfen gemischt aus dem Kessel durch *d* nach dem Condensationsrohre *e*, und aus diesem nach *f, g*, wodurch ein Antheil Wasserdampf verdichtet nach *A* zurückgeführt wird. Um die Temperatur der Flüssigkeit in letzterem zu messen, ist ein Thermometer in eine mit Messingsfeilspänen gefüllte Blechhülse *b* eingesenkt. Ist an dieser Stelle das Quecksilber auf  $93,75^{\circ}\text{C}$ . gestiegen, so öffnet man den Hahn *h* und schliesst den bis dahin offen gehaltenen Hahn *i*, so dass das aus *g* austretende Ammoniakgas in die, in dem Bleigefäss *D* enthaltene Salzsäure einströmt. Man wechselt nun rasch die Gasfilter *G* und *H*, durch welche bis dahin das aus *A* kommende Gas gereinigt wurde, und ersetzt diese durch neu-gefüllte, schliesst dann den Hahn *h* und lässt das Gas wiederum durch *i* nach *E, G, H, F* treten. Das Wechseln der Gefässe *G, H* geschieht wieder, sobald die Temperatur in *A* auf  $96^{\circ}, 98^{\circ}$  und  $100^{\circ}\text{C}$ . gestiegen ist; man unterbricht die Operation, wenn die Temperatur in *A*  $+ 102^{\circ}$  erreicht hat; dann ist aus der Kalkflüssigkeit das Ammoniak vollständig entfernt, man lässt diese durch den Hahn *a* ablaufen und sodann den Inhalt des Vorwärmers *B, C* nach *A* fliessen, um diesen mit gelöschtem Kalk gemischt auf Ammoniak zu verarbeiten. Während der Inhalt des Kessels *A* sich allmählich auf  $102^{\circ}$  erwärmt, steigt die Temperatur im Vorwärmer *B* auf 85, in *C* auf 25 bis  $31^{\circ}$ . Enthält das Gefäss *F* 150 kg Wasser, so erhält man daraus Salmiakgeist von 0,910 spec. Gew.; bei 200 kg 0,920 spec. Gew. Durch die gläsernen Sicherheitsröhren *c n* in *A* und *E* ist ein Zurücksteigen der Flüssigkeit verhindert, sowie eine Controle für die Grösse des Gasdruckes geboten.

Fig. 2 (a. f. S.) <sup>1)</sup> stellt nun den Apparat von Elvers aus Genf und Müller Pack aus Basel dar. *A* und *A*<sub>1</sub> sind zwei seitlich aufgestellte Walzenkessel, wovon der erste direct geheizt wird. *A* hat einen Dom mit dem Ventilrohr *v* und dem Gasrohr *a*, welches in *A*<sub>1</sub> führt und durch einen dichten Verschluss mit demselben verbunden, sich auf der ganzen Länge des Bodens hinzieht und mit zahlreichen Löchern versehen ist, um den in *A* entwickelten Gasen den Austritt zu gestatten. *A* ist noch mit *A*<sub>1</sub> durch das Rohr *m* verbunden, durch welches der Inhalt von *A*<sub>1</sub> nach *A* gelassen werden kann. Vom Kessel *A*<sub>1</sub> führt

<sup>1)</sup> Lunge, Die Industrie der Steinkohlen-Theerdestillation 1878.



ein heberförmiges, gebogenes Rohr  $bb$  bis nahe zum Boden des Gefäßes  $B$ , von hier zweigt ein Rohr  $l$  ab, das unter dem Spiegel der





der mit einem Sicherheitsrohr  $d$  und mit einem mit Hahn  $s$  versehenen Ablaufrohr  $p$  versehen ist, welches zum Kessel  $A_1$  führt, und zum Zurückfließen der condensirten Flüssigkeit dient, welche sich in  $D$  sammelt, während die Gase durch das Rohr  $e$  in die vier gusseisernen Röhren  $E E_1 E_2 E_3$ , die durch  $f f_1 f_2$  abwechselnd oben und unten communiciren, gelangen. Die Röhren sind an beiden Enden offen, besitzen an den Enden Flantschen, auf welche genau schliessende Deckel mit Bügel geschraubt werden. Aus Rohr  $E_3$  gelangen die Gase durch  $f_3$  und  $g$  in das bleierne Absorptionsgefäss  $G$ , welches mit einem Sicherheitsrohr  $h$  und einem Ablaufrohr  $t$  versehen ist.  $G$  steht in dem Kühler  $F$ .

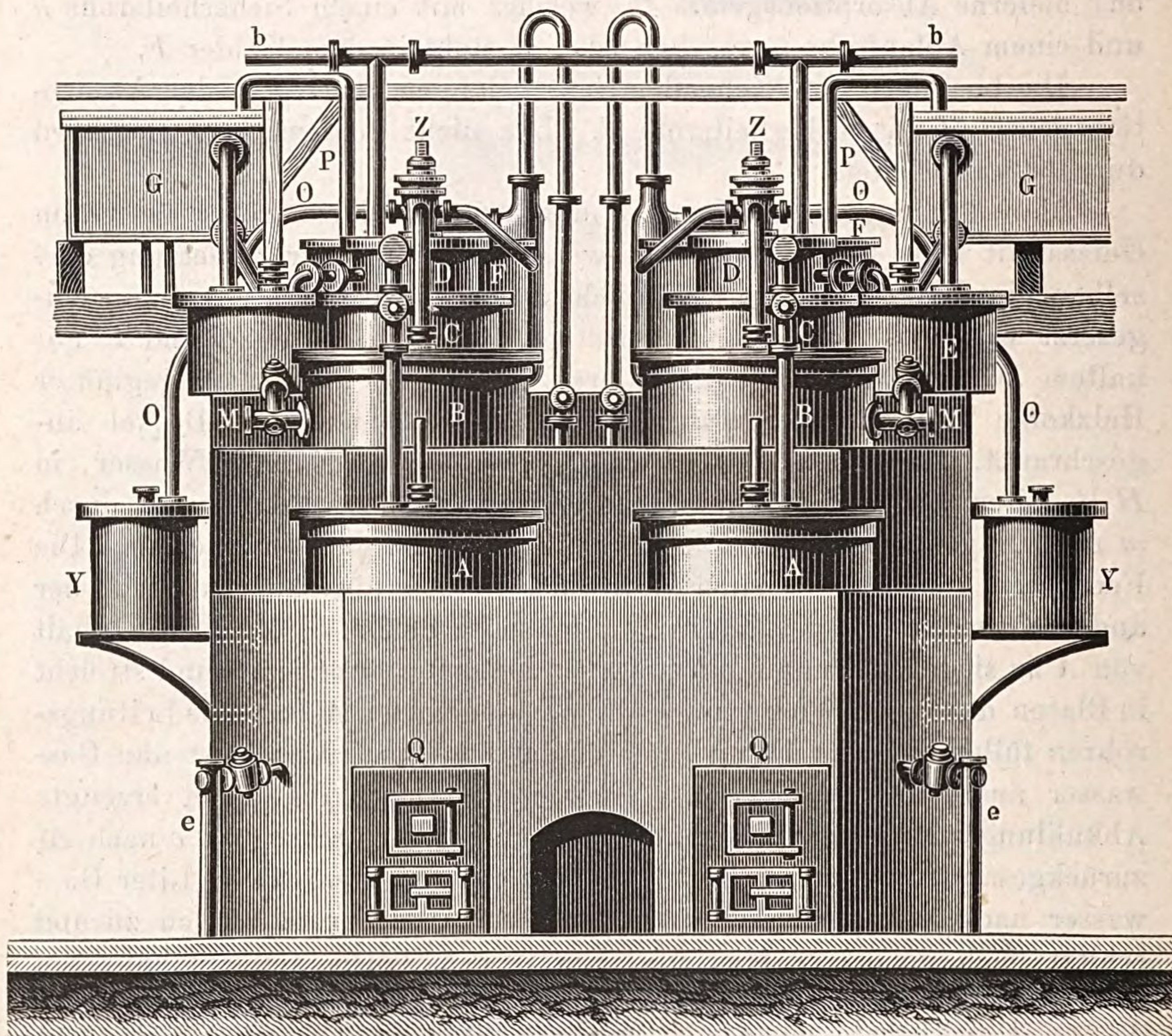
Die hier noch entweichenden Gase gelangen durch  $i$  in das Absorptionsgefäss  $H$  mit Sicherheitsrohr  $J$ . Das nicht condensirbare Gas wird durch  $k$  weggeleitet.

Man füllt zuerst den Kessel  $A$  durch  $v$  von einem höher gestellten Gefäss mit 1000 Liter Gaswasser, wozu gleich eine zur Zersetzung derselben hinreichende Menge Kalkmilch durch eine besondere Oeffnung zugesetzt wird. Der Schieber  $m$  wird geöffnet, die Kühler  $C$  und  $F$  mit kaltem Wasser beschickt, die Röhren  $E$  und  $E_3$  mit frisch geglühter Holzkohle in millimetergrossen Stücken gefüllt und die Deckel angeschraubt. In das Gefäss  $G$  bringt man 60 bis 65 Liter Wasser, in  $H$   $1\frac{1}{2}$  Liter. Sobald die mit Kalk gemischte Flüssigkeit von  $A_1$  durch  $m$  nach  $A$  geflossen ist, schliesst man  $m$  und fängt an zu heizen. Die Feuergase gehen unter einer Hälfte des Kessels hin, kehren unter der anderen zurück und gehen dann in den Schornstein. Sobald der Inhalt von  $A$  zu sieden anfängt, wird zunächst die Luft ausgetrieben und streicht in Blasen durch das Wasser in  $G$  und  $H$ ; der Kessel  $A_1$  und die Leitungsröhren füllen sich mit Dampf und erwärmen sich. Man lässt nun Gaswasser aus  $q$  in den Kessel  $A_1$  einfließen. Durch die dabei erzeugte Abkühlung wird die in  $D$  befindliche Flüssigkeit durch  $c$  und  $e$  nach  $A_1$  zurückgesaugt; zugleich tritt Luft durch  $d$  ein. Wenn 1000 Liter Gaswasser nach  $A_1$  eingeflossen sind, giebt man wieder Kalkmilch zu und erhitzt nach gehöriger Mischung von Neuem. Die ammoniakalischen Dämpfe aus  $A$  entweichen durch das Rohr  $a$ , gelangen durch die Löcher des in  $A_1$  liegenden Theiles in die darin befindliche Flüssigkeit, und reichern diese mit Ammoniak an. Ein Theil des Wasserdampfes verdichtet sich in  $B$  und fliesst mit den übergegangenen Salzen durch  $l$  nach  $A_1$  zurück. Die Dämpfe treten aus  $B$  in den Kühler  $C$ , wo der grösste Theil des Wassers zugleich mit einem Theil des Ammoniaks condensirt wird. Die hier condensirte Flüssigkeit dient zum Waschen des Ammoniakgases, und namentlich zur Condensation der mit demselben fortgerissenen Salze. Die nicht condensirten Dämpfe gehen durch  $e$  in die Holzkohlenreiniger, welche die dem Ammoniakgase beigemengten Verunreinigungen absorbiren. In  $G$  werden durch kaltes Wasser die reinen Ammoniakdämpfe verdichtet und Ammoniakflüssigkeit erhalten. Der letzte Rest des Ammoniaks wird in  $H$  verdichtet, das uncondensirte



Gas entweicht durch *k*. Ist der Kessel *A* vollständig abgetrieben, so entleert man seinen Inhalt durch *n* und füllt ihn durch *A*<sub>1</sub> von Neuem. Die dabei aus dem Gefäß *D* nach *A* zurücksteigende Flüssigkeit befreit das Schlangenrohr *C* von den darin abgesetzten Verunreinigungen. Wendet man zur Absorption des Ammoniaks in *G* und *H* nicht destillirtes, sondern Brunnenwasser an, so muss man die entstandenen Niederschläge (Kalk- und Thonerdesalze) absitzen lassen. Die ganze Operation

Fig. 3.



dauert circa 5 Stunden. Aus 1000 Liter Gaswasser von 3<sup>0</sup> B. erhält man 100 bis 110 kg Ammoniakflüssigkeit von 22<sup>0</sup> B.

Mallet hat folgenden Apparat für die Pariser Gasanstalts-Gesellschaft construiert. Fig. 3 zeigt den Apparat in Vorderansicht. Fig. 4 giebt die Ansicht von hinten. Fig. 5 (a. S. 32) stellt den Längsschnitt durch eine der Batterien, und Fig. 6 (a. S. 33) zur Hälfte die Ansicht von oben und einen Horizontalschnitt dar <sup>1)</sup>.

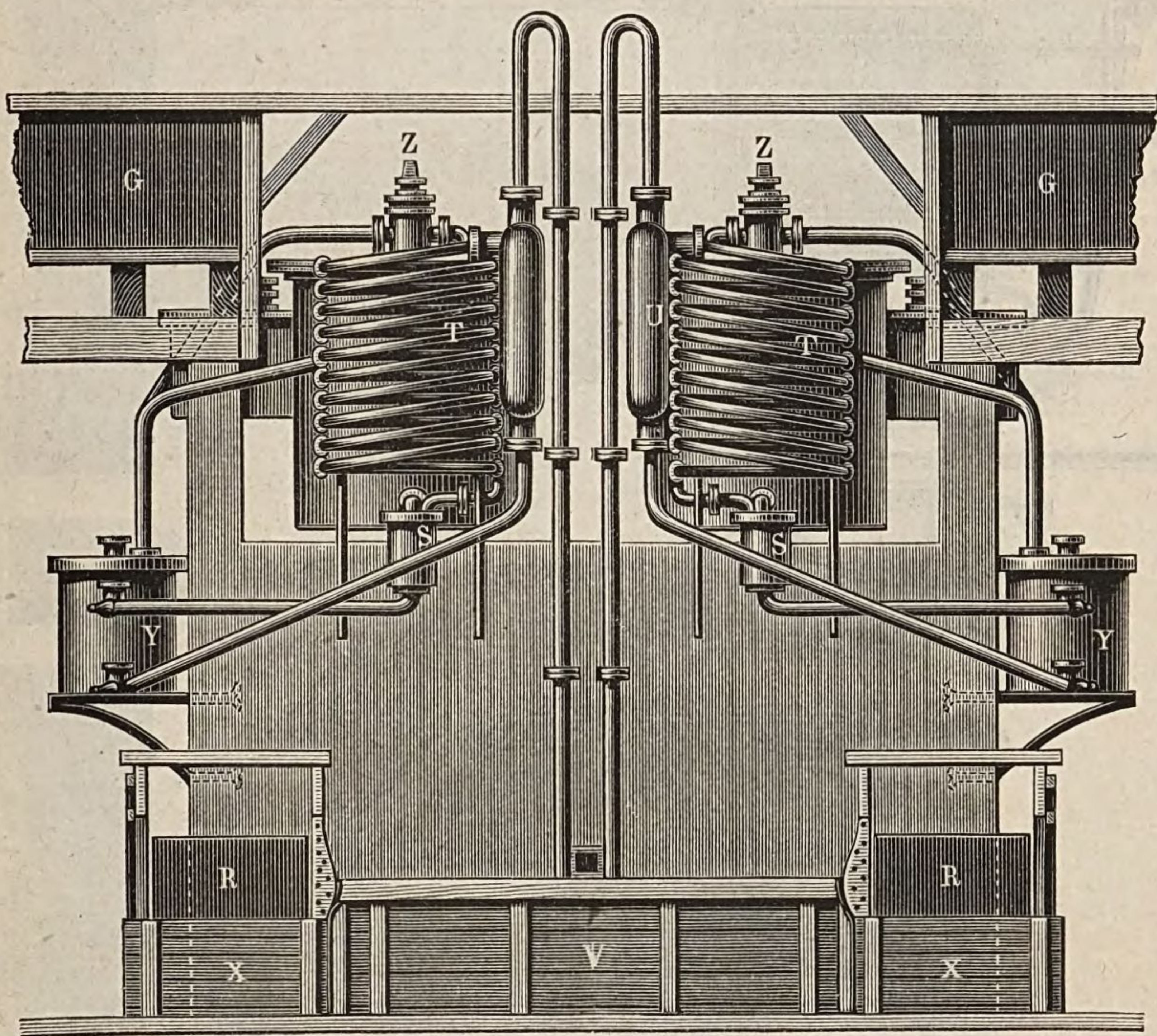
Jede Batterie besteht aus drei über einander stehenden Kesseln *A*, *B*, *C*, von circa 50 hl Inhalt, von denen die beiden untersten *A* und *B* durch

<sup>1)</sup> Schilling, Handbuch der Steinkohlengasbeleuchtung III, 18, 79.



directes Feuer erhitzt werden. Die Kessel sind mit gut abgedichteten Rührvorrichtungen *H, H, H* zur Mischung des Gaswassers mit dem Kalk und zur Verhütung des Anbrennens versehen. Der oberste Kessel *C* dient als Waschapparat und wird durch die aus *A* und *B* entweichenden Dämpfe erwärmt. Vom dritten Kessel gelangt das Gas in ein 20 bis 25 m langes Schlangenrohr, das im Behälter *F* mit Gaswasser gekühlt wird; die hier condensirte Flüssigkeit fließt nach *s* und von da in den Sammelbehälter nach *y*. Die Gase passiren aus dem oberen Theile von

Fig. 4.



*s* austretend ein Schlangenrohr *T* mit Luftkühlung, aus welchem sie durch die mit Sicherheitsvorrichtung *U* versehenen Röhren in den Absorptionstrog *V* gelangen. Die in *T* condensirten Producte fließen in den Sammelbehälter *Y* zurück.

Das Gaswasser wird nach vollständiger Befreiung von Theer durch den Hahn *a* aus einem Reservoir in das Messgefäß *G* geleitet. Das letztere steht durch einen Hahn am Boden mit dem Kühler *F* in Verbindung.

Ein oben abzweigendes Rohr führt zu dem für die Bereitung der Kalkmilch bestimmten Kessel *E*. Die Kessel *A, B, C, D* stehen unten



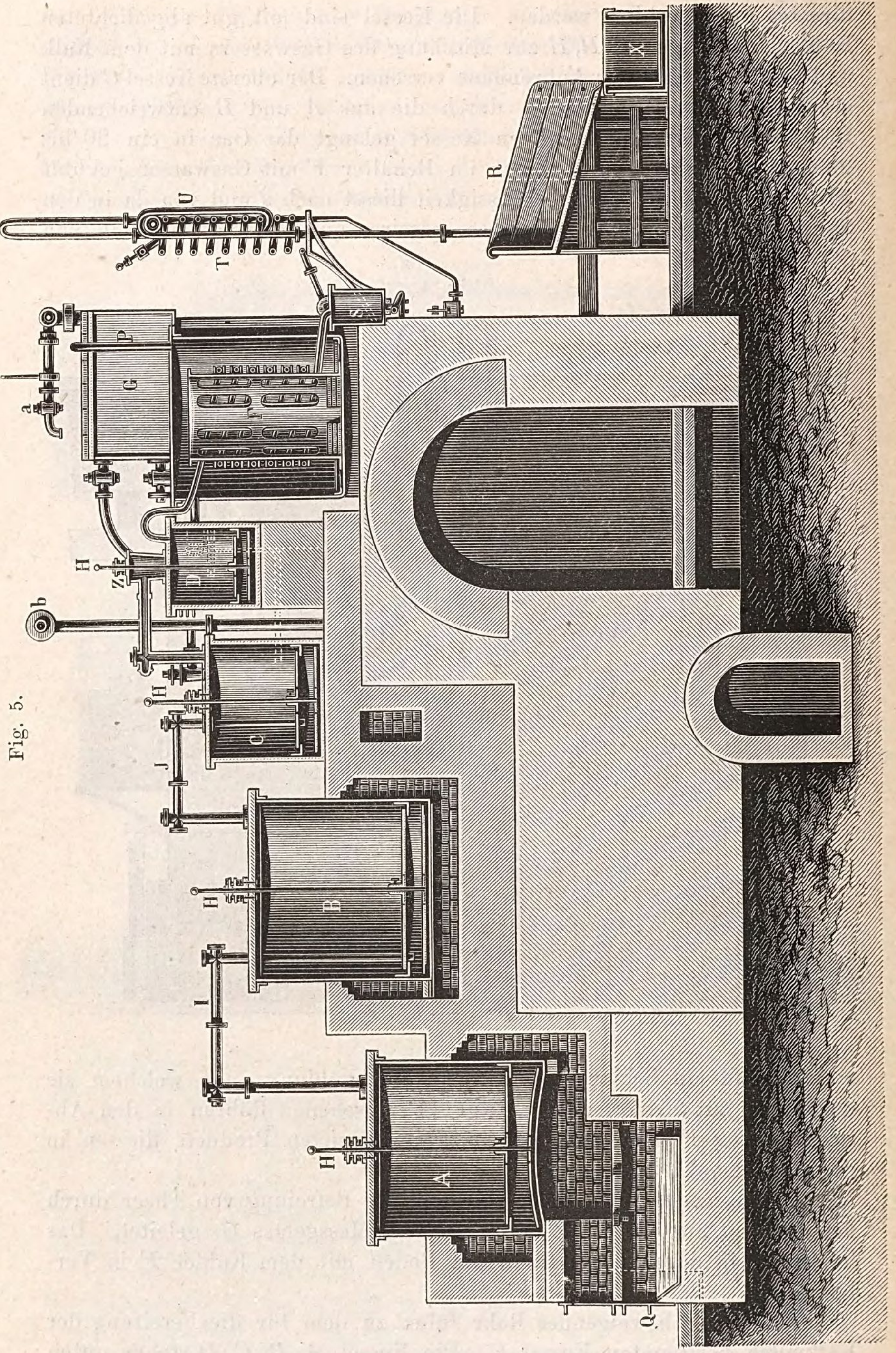
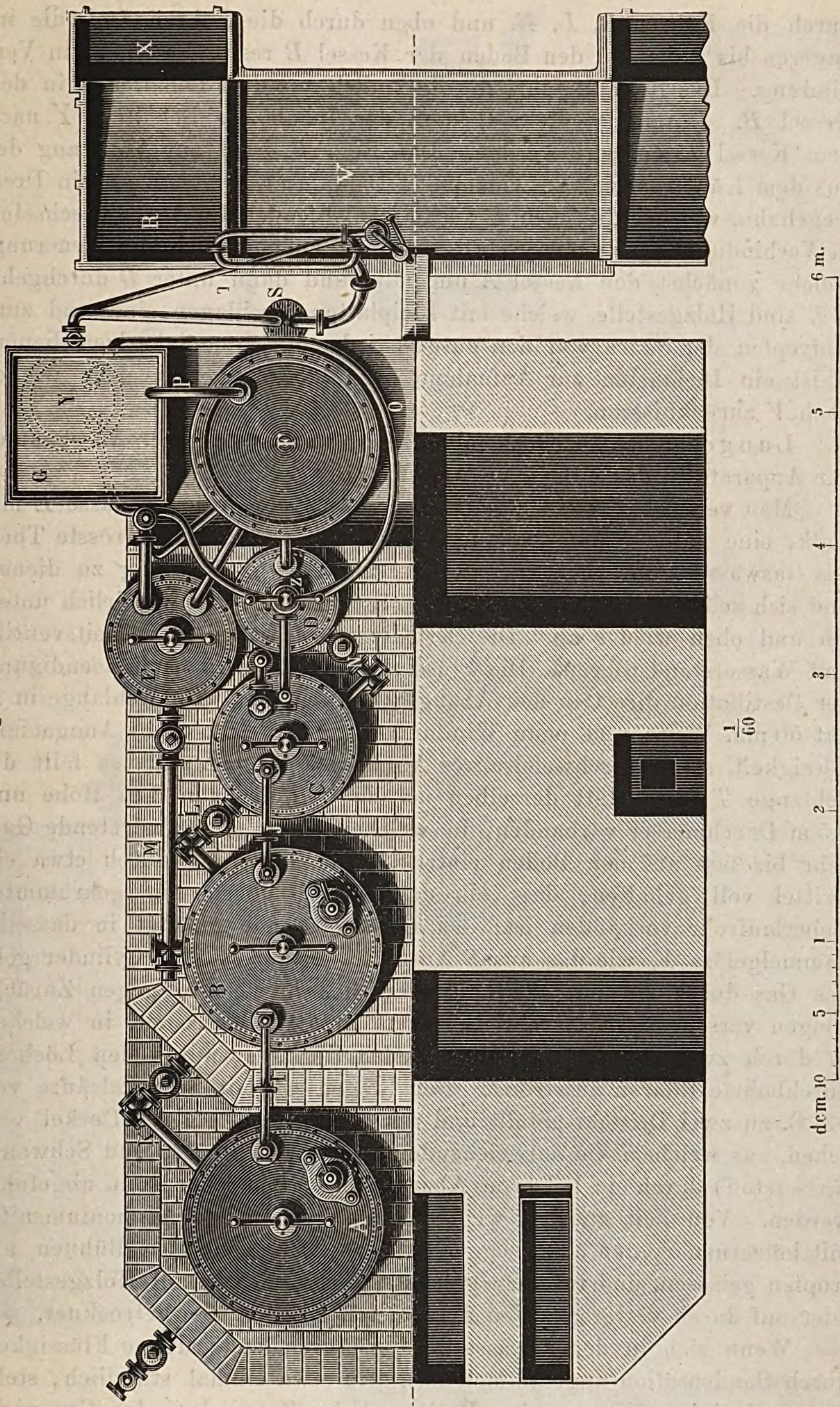


Fig. 5.



Fig. 6.





durch die Röhren *K*, *L*, *N*, und oben durch die Röhren *I*, *J*, die im Inneren bis nahe auf den Boden der Kessel *B* resp. *C* reichen, in Verbindung. Das Rohr *M* führt die Kalkmilch aus dem Behälter *E* in den Kessel *B*. Durch das Rohr *O* kann der Inhalt des Behälters *Y* nach dem Kessel *D* entleert werden. Das Rohr *P* dient zur Ableitung der aus dem Kühler *F* sich entwickelnden Dämpfe nach *G*. *Z* ist ein Dreiwegehahn, welcher die nach *D* zusammenlaufenden Röhren abwechselnd in Verbindung zu setzen gestattet. In *Q* befindet sich die Feuerung, welche zunächst den Kessel *A* umspült, und dann unter *B* durchgeht. *R R* sind Holzgestelle, welche mit Bleiplatten beschlagen sind und zum Abtropfen der Säure von den ausgeschiedenen Ammoniaksalzen dienen. *X* ist ein Bleikasten zur Aufnahme der Mutterlaugen, welche wieder nach *V* zurückfliessen.

Lunge giebt dazu noch folgende Notizen aus eigener Anschauung der Apparate in der Fabrik zu La Villette.

Man versetzt nur einen Theil des Gaswassers in dem Gefässe *E* mit Kalk, eine halbe Stunde vor der Operation, während der grösste Theil des Gaswassers aus *G* nach *F* fliesst, um dort als Kühlung zu dienen und sich selbst dabei vorzuwärmen. Es fliesst dort continuirlich unten ein und oben wieder ab. Die Destillirgefässe haben Sicherheitsventile und Wasserstandsröhren. Die Flüssigkeit aus *A* wird nach Beendigung der Destillation direct in den Abzugscanal gelassen. Die Schlange in *F* hat 50 mm Weite und neun Windungen. Wenn man nicht Ammoniakflüssigkeit, sondern schwefelsaures Ammoniak machen will, so fällt die Schlange *T* fort; statt derselben ist ein Cylinder von 3 m Höhe und 0,5 m Durchmesser vorhanden, in welchen das aus *S* austretende Gasrohr bis fast auf den Boden eintritt. Dieser wird dadurch etwa ein Drittel voll gehalten, dass ein umgekehrt heberförmig gekrümmtes Ueberlaufrohr vorhanden ist; das Ueberfliessende gelangt in dasselbe Sammelgefäss *Y*, wie das aus *S* Ausfliessende. Aus dem Cylinder geht das Gas durch ein mit Welter'scher Sicherheitsröhre gegen Zurücksteigen versehenes Eisenrohr zu einem grossen Bleikasten, in welchen es durch zwei bleierne, auf dem Boden liegende, mit vielen Löchern durchbohrte Röhren ausströmt. Der Kasten ist mit Schwefelsäure von 53° B. zu zwei Dritteln gefüllt und mit einem dachförmigen Deckel versehen, aus welchem die entweichenden Gase (Kohlensäure und Schwefelwasserstoff) durch ein hölzernes Abzugsrohr in den Schornstein abgeführt werden. Von Zeit zu Zeit wird das auskrystallisirte Ammoniumsulfat mit hölzernen Spaten ausgesoggt, auf bleiernen geneigten Bühnen abtropfen gelassen, und in einer geheizten Trockenstube auf Holzgestellen oder auf durch verlorenes Feuer geheizten Eisenplatten getrocknet.

Wenn sich in dem Gefässe *Y* eine hinreichende Menge Flüssigkeit durch Condensation angesammelt hat, also etwa einmal stündlich, stellt man auf einige Minuten den Dreiwegehahn *Z* so, dass das Gas nicht mehr aus *D* nach der Schlange *F*, sondern nach *Y* streicht. Der Druck



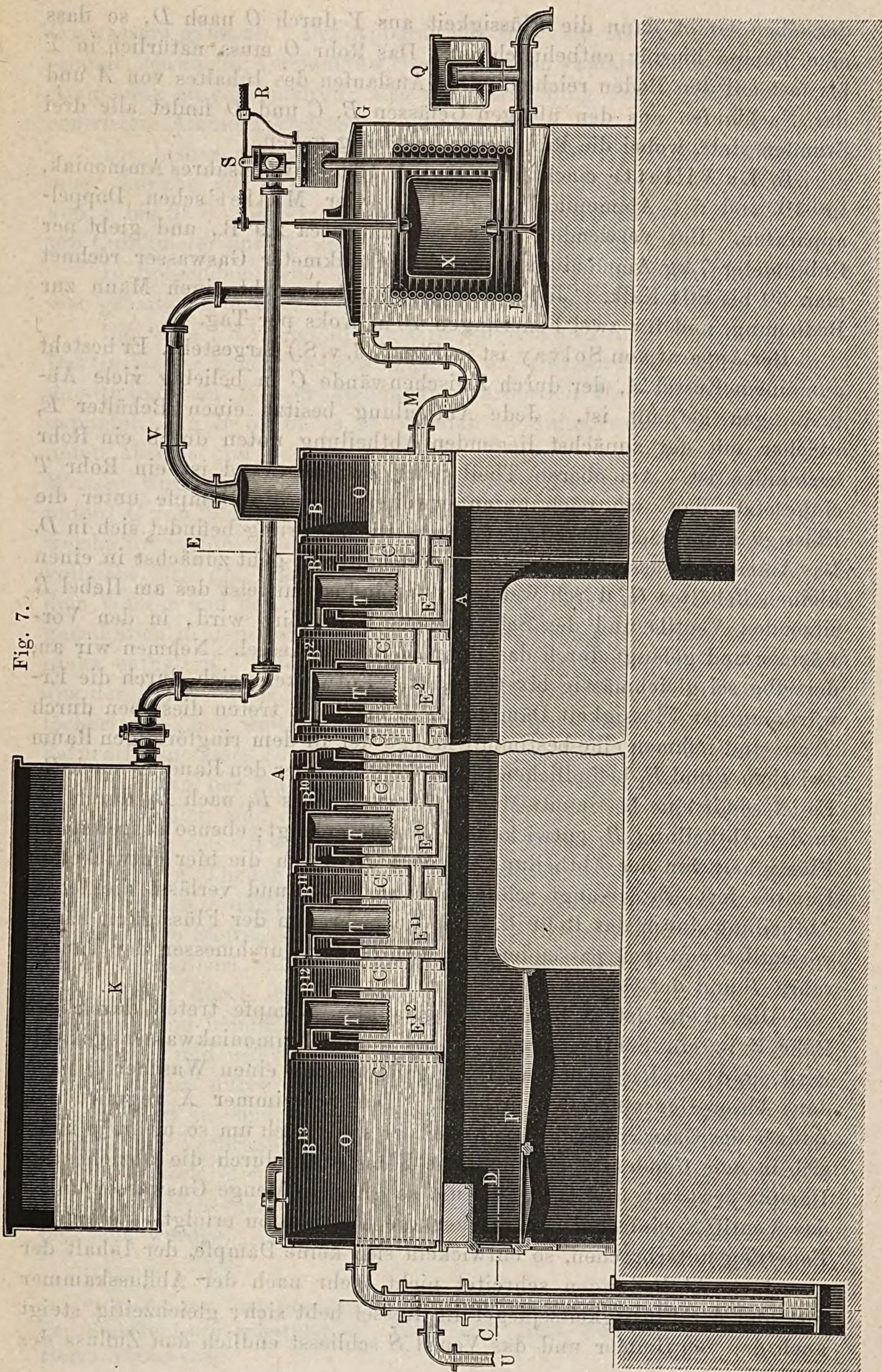


Fig. 7.



desselben treibt dann die Flüssigkeit aus *Y* durch *O* nach *D*, so dass eine Pumpe hierfür entbehrlich ist. Das Rohr *O* muss natürlich in *Y* bis fast auf den Boden reichen. Das Auslaufen des Inhaltes von *A* und das Nachlaufen aus den übrigen Gefässen *B*, *C* und *D* findet alle drei Stunden statt, wobei die Rührwerke beständig gehen.

In La Villette macht man täglich 10 t schwefelsaures Ammoniak, in 10 und 5 t Ammoniakflüssigkeit in vier Mallet'schen Doppelapparaten. Das verwendete Gaswasser hat circa 2,9° B., und giebt per Cubikmeter 7 kg Ammoniumsulfat. Per Cubikmeter Gaswasser rechnet man 60 bis 80 l Kalk. Jeder Doppelapparat braucht einen Mann zur Bedienung, und für zwei Feuerungen 10 hl Koks per Tag.

Der Apparat von Solvay ist in Fig. 7 (a. v. S.) dargestellt. Er besteht aus einem Kessel *A*, der durch Zwischenwände *C* in beliebig viele Abtheilungen getheilt ist. Jede Abtheilung besitzt einen Behälter *E*, welcher mit der zunächst liegenden Abtheilung unten durch ein Rohr verbunden ist. Am oberen Theil jeder Zwischenwand ist ein Rohr *T* eingesetzt, das sich nach unten erweitert und die Dämpfe unter die Flüssigkeit im nächsten Behälter leitet. Die Feuerung befindet sich in *D*. Das Ammoniakwasser kommt aus dem Behälter *K*, geht zunächst in einen kleinen Behälter *G*, durch welchen der Einfluss mittelst des am Hebel *R* sitzenden Ventils und des Schwimmers *X* regulirt wird, in den Vorwärmer und gelangt durch das Rohr *M* in den Kessel. Nehmen wir an, derselbe sei gleichmässig bis *O* gefüllt. Entwickeln sich durch die Erwärmung der Flüssigkeit Dämpfe, z. B. in *B*<sub>2</sub>, so treten dieselben durch *T* aus und nehmen eine bestimmte Menge der in dem ringförmigen Raum zwischen *T* und *E*<sub>1</sub> befindlichen Flüssigkeit mit über den Rand *E*<sub>1</sub> nach *B*<sub>1</sub>. Es ist somit eine bestimmte Menge Gaswasser aus *B*<sub>1</sub> nach *B*<sub>2</sub> durch die in der Abtheilung *B*<sub>2</sub> entwickelten Dämpfe gelangt; ebenso schreitet die Flüssigkeit von der Abtheilung *B*<sub>2</sub> nach *B*<sub>3</sub> durch die hier entwickelten Dämpfe fort; sie gelangt schliesslich nach *B*<sub>13</sub> und verlässt die letzte Abtheilung durch das Rohr *U*. Das Fortschreiten der Flüssigkeit hängt vorzüglich von dem passenden Verhältniss der Durchmesser der Tauchrohre *T* und der Gefässe *E* ab.

Die in die letzte Kammer *B* gelangten Dämpfe treten durch das Rohr *V* in ein Schlangenrohr *J*, das durch Ammoniakwasser gekühlt wird, und werden nach dem Durchgange durch einen Wascher *Q* nach den Absorptionsapparaten geleitet. Der Schwimmer *X* regulirt den Zufluss des Gaswassers in den Kessel, er senkt sich um so mehr, je mehr sich in dem Condensator befindliche Flüssigkeit durch die abziehenden Dämpfe erwärmt, und lässt eine um so grössere Menge Gaswasser durch das Ventil *S* eintreten, je rascher die Destillation erfolgt. Wird die Feuerung unterbrochen, so entwickeln sich keine Dämpfe, der Inhalt der einzelnen Abtheilungen schreitet nicht mehr nach der Abflusskammer fort und der Flüssigkeitsspiegel im Kessel hebt sich; gleichzeitig steigt auch der Schwimmer und das Ventil *S* schliesst endlich den Zufluss des



Gaswassers ganz ab. Der Apparat von Solvay ist besonders dazu bestimmt, schwache Ammoniakwässer auf einen Gehalt von circa 15 Proc. Ammoniak zu concentriren; also zur Darstellung von sogenanntem concentrirtem Ammoniakwasser.

Die bisher angewendeten Dimensionen des Apparates sollen nach einer Angabe von Hanrez in 24 Stunden 12, 24, 48 cbm Gaswasser von 2 bis 3° B. mit einem Brennmaterialienaufwand von 27 bis 36 kg pro Cubikmeter auf die angegebene Stärke concentriren.

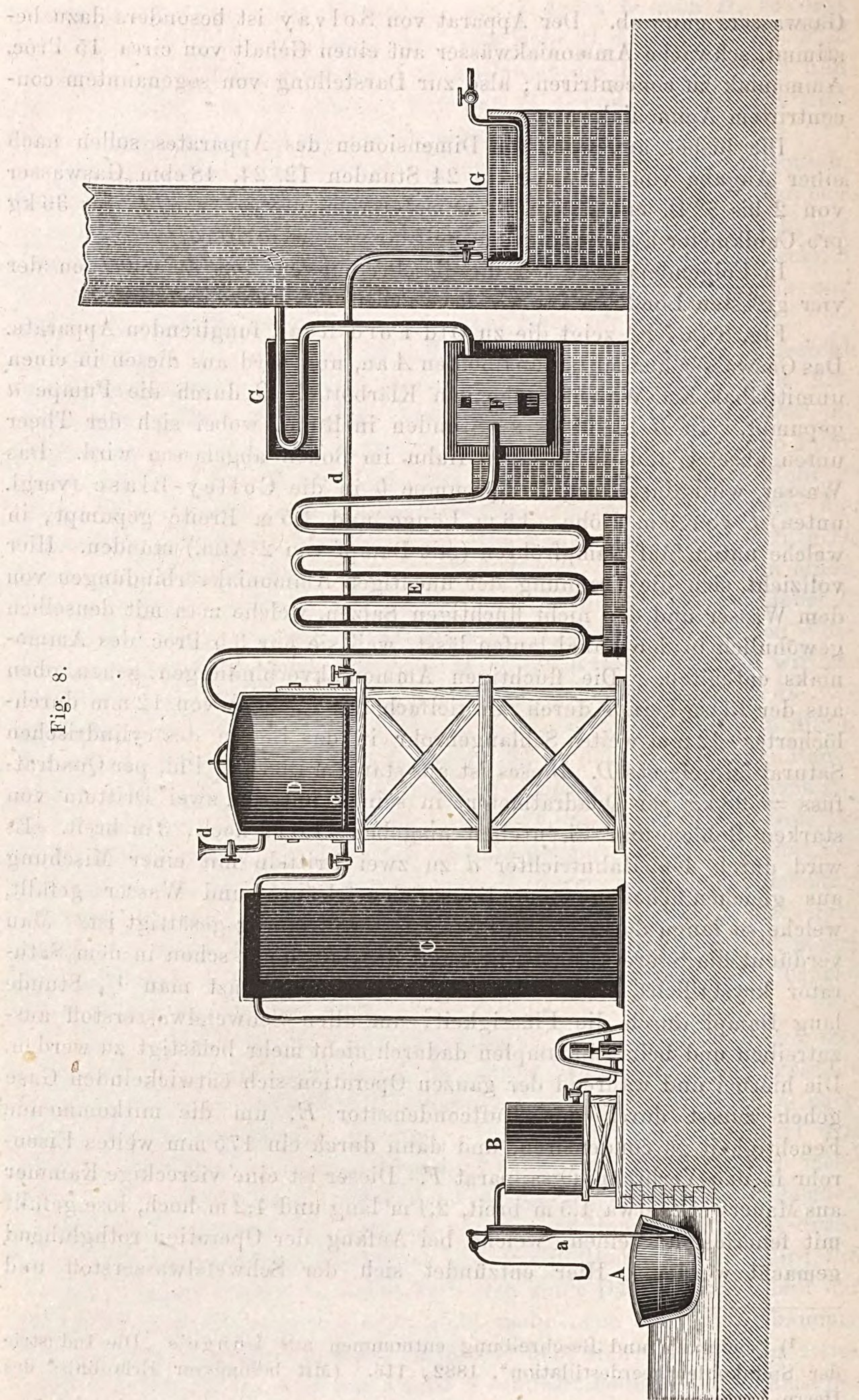
In Folgendem gebe ich die Beschreibungen und Zeichnungen der vier grössten Londoner Gaswasserverarbeitungs-Fabriken<sup>1)</sup>.

Fig. 8 (a. f. S.) zeigt die zu Old Ford Road fungirenden Apparate. Das Gaswasser kommt in Canalbooten *A* an, und wird aus diesen in einen unmittelbar am Wasser stehenden Klärbottich *B* durch die Pumpe *a* gepumpt. In *B* bleibt es 24 Stunden in Ruhe, wobei sich der Theer unten absetzt und durch einen Hahn im Boden abgelassen wird. Das Wasser wird durch die Dampfpumpe *b* in die Coffey-Blase (vergl. unten) *C* von 9 m Höhe, 3,6 m Länge und 1,5 m Breite gepumpt, in welche unten fünf Dampfrohren (mit Dampf von 2 Atm.) münden. Hier vollzieht sich die Trennung der flüchtigen Ammoniakverbindungen von dem Wasser und den nicht flüchtigen Salzen, welche man mit denselben gewöhnlich in den Canal laufen lässt, weil sie nur 3,5 Proc. des Ammoniaks enthalten. Die flüchtigen Ammoniakverbindungen gehen oben aus der Blase heraus durch ein vielfach mit Löchern von 12 mm durchlöchertes 62 mm weites Schlangenrohr in das Innere des cylindrischen Saturationsgefässes *D*. Dieses ist aus starkem Blei (20 Pfd. per Quadratfuss = 98 kg per Quadratmeter) in seinen unteren zwei Dritteln von starken Bohlen und Eisenreifen umgeben, 1,8 m hoch, 3 m breit. Es wird durch den Hahntrichter *d* zu zwei Dritteln mit einer Mischung aus gleichen Theilen 60 gradiger Schwefelsäure und Wasser gefüllt, welche so lange darin bleibt, bis sie fast vollständig gesättigt ist. Man verdünnt die Säure absichtlich, damit das Salz nicht schon in dem Saturator krystallisirt. Nach beendigter Sättigung bläst man  $\frac{1}{4}$  Stunde lang Dampf durch die Flüssigkeit, um allen Schwefelwasserstoff auszutreiben und beim Eindampfen dadurch nicht mehr belästigt zu werden. Die hierbei und während der ganzen Operation sich entwickelnden Gase gehen zuerst durch den Luftcondensator *E*, um die mitkommende Feuchtigkeit zu condensiren, und dann durch ein 175 mm weites Eisenrohr in den Verbrennungsapparat *F*. Dieser ist eine viereckige Kammer aus Mauerwerk, etwa 1,5 m breit, 2,4 m lang und 1,2 m hoch, lose gefüllt mit feuerfesten Steinen, welche bei Anfang der Operation rothglühend gemacht werden. Hier entzündet sich der Schwefelwasserstoff und

---

<sup>1)</sup> Zeichnung und Beschreibung entnommen aus Lunge's „Die Industrie der Steinkohlentheerdestillation“, 1882, 113. (Mit besonderer Erlaubniss des Herrn Verfassers.)

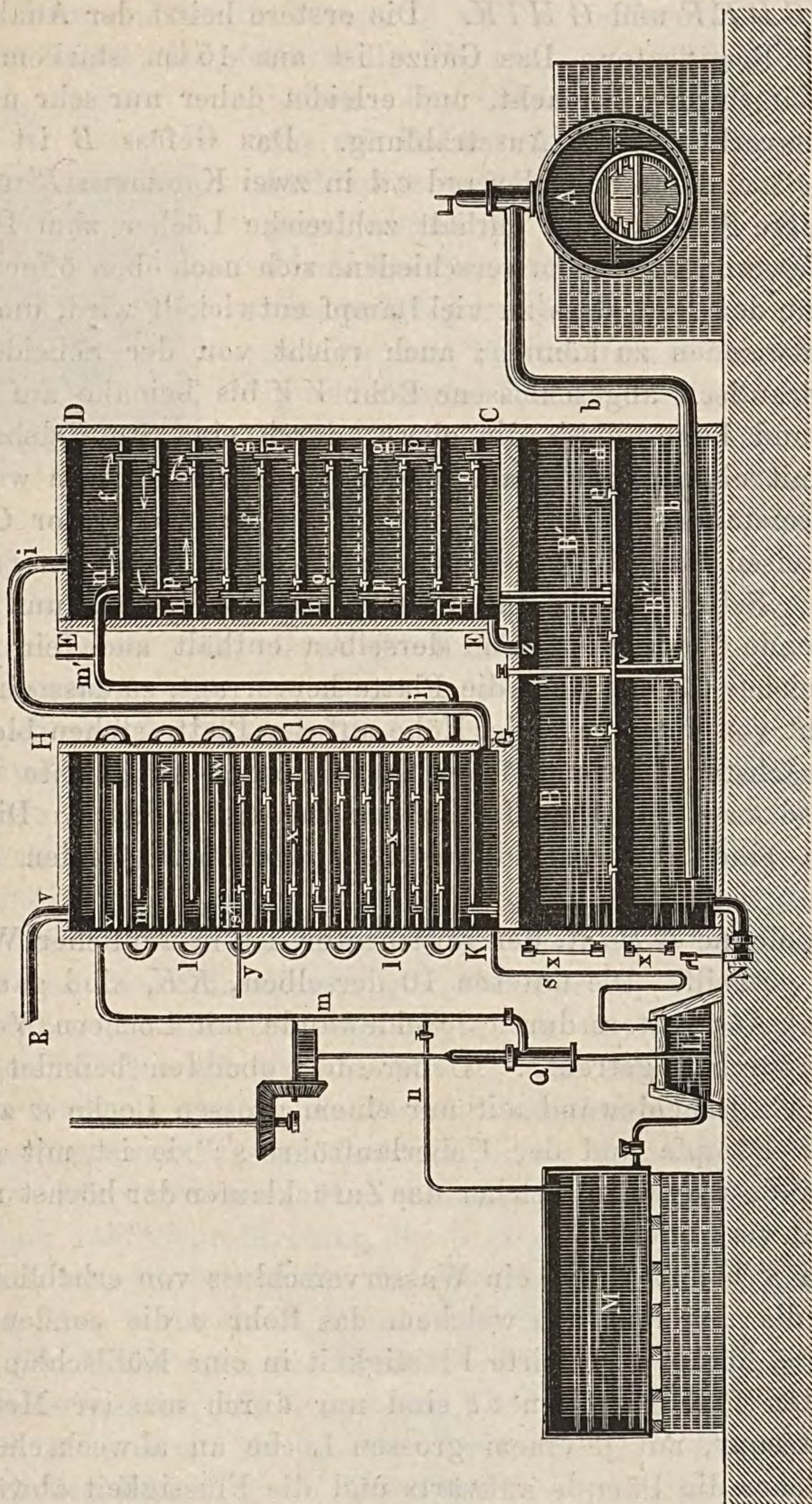






brennt dann stets fort. Die heissen Gase gehen nach einem Dampfkessel (angedeutet in *G*), wo sie zur Ersparniss von Brennmaterial dienen, und dann in einen Kamin, in welchem kein Geruch nach Schwefelwasserstoff mehr zu spüren ist (wohl aber nach schwefliger Säure). Die Salz-

Fig. 9.



lösung aus *D* fliesst durch das Rohr *d* in Bleipfannen *G*, 2,4 m Durchmesser 0,6 m tief, aus Blei von 20 Pfund per Quadratfuss, geheizt durch eine Bleischlange von 2 Atm. Dampf. Geruch entsteht dabei nicht. Das hier sich ausscheidende Ammoniumsulfat wird mit hölzernen Spaten aus-



gesoggt, etwas gewaschen und auf hölzerne Bühnen abtropfen gelassen. Die Mutterlauge dient zur Verdünnung der Säure im Saturationsgefässe.

Coffey-Blase (Coffey still) ist in Fig. 9 (a. v. S.) abgebildet. Sie besteht aus einem oblongen Gefässe  $B$  und zwei darüber stehenden Colonnen  $CDEF$  und  $GHIK$ . Die erstere heisst der Analysator, die zweite der Rectificator. Das Ganze ist aus 15 cm starkem Holz mit innerer Bleifütterung gemacht, und erleidet daher nur sehr unbedeutenden Wärmeverlust durch Ausstrahlung. Das Gefäss  $B$  ist durch die horizontale metallene Scheidewand  $cd$  in zwei Kammern  $B'$  und  $B''$  getheilt. Diese Scheidewand enthält zahlreiche Löcher zum Durchlassen des Dampfes, und ausserdem verschiedene sich nach oben öffnende Ventile  $e, e, e, e$  für den Fall, dass zu viel Dampf entwickelt wird, um durch die Löcher entweichen zu können; auch reicht von der Scheidewand das unten hydraulisch abgeschlossene Rohr  $VV$  bis beinahe auf den Boden von  $B''$ , und kann durch die obere, durch eine Stopfbüchse gehende Stange  $t$  mit einem Ventile am oberen Ende verschlossen werden.  $xx$  sind Wasserstandsgläser für  $B'$  und  $B''$ . Der Analysator  $CDEF$  ist durch die eisenblechenen Scheidewände  $gh$  in 12 Kammern  $fff$  getheilt. Auch diese Scheidewände enthalten zahlreiche Löcher und sich nach oben öffnende Ventile  $oo$ ; jede derselben enthält auch ein Ueberlaufrohr  $p$ , welches 25 mm über die Platte hervorragt, so dass eine Flüssigkeitsschicht von entsprechender Höhe auf der Platte stehen bleibt; unten auf der nächsten Platte tauchen diese Röhren in seichte Wasserverschlüsse, so dass kein Dampf durch sie entweichen kann. Diese Ueberlaufrohre sind abwechselnd an den gegenüberliegenden Seiten angebracht.

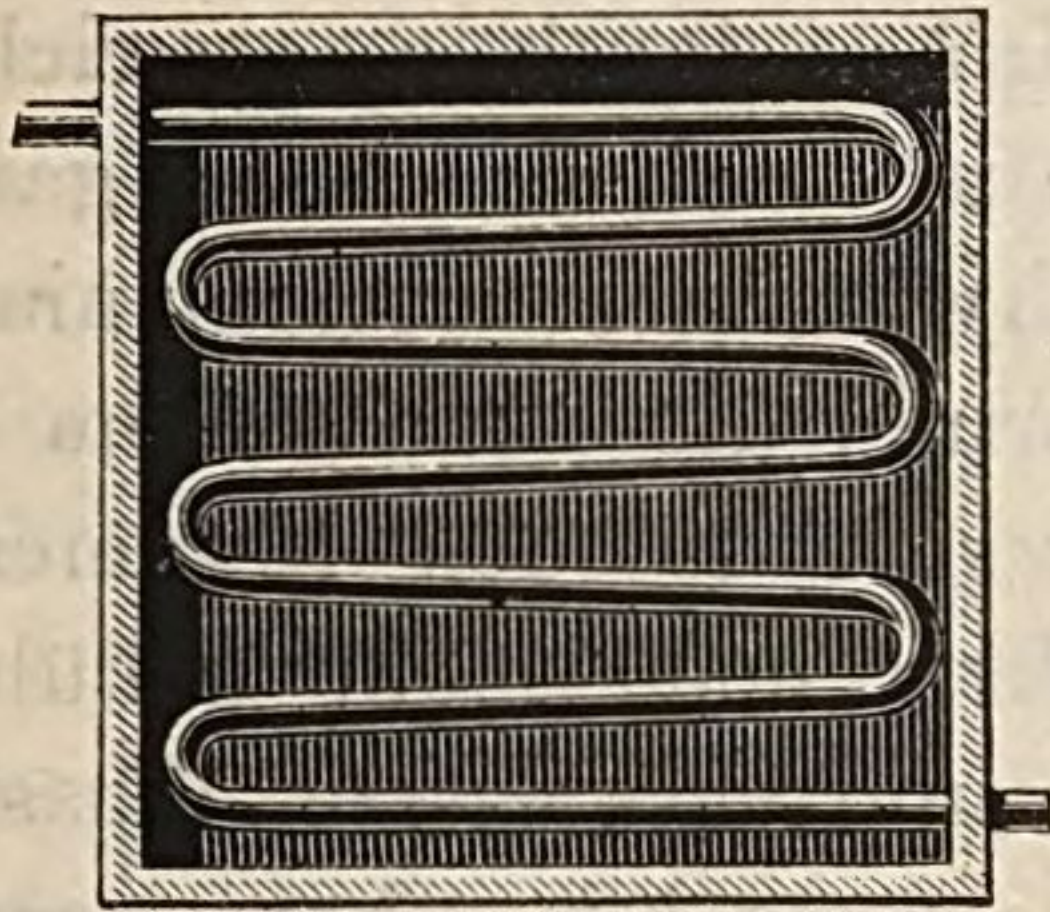
Die Colonne  $GHIK$ , der Rectificator, ist in ähnlicher Weise in 15 Kammern getheilt. Die unteren 10 derselben,  $KK$ , sind ganz wie diejenigen des Analysators durch Scheidewände mit Löchern, Ventilen und Ueberlaufrohrchen getrennt. Ueber der obersten befindet sich eine massive Metallscheidewand mit nur einem grossen Loche  $w$  zum Durchlassen der Dämpfe und der Ueberlaufrohre  $s'$ ; sie ist mit einem aufrechten Rande umgeben, welcher das Zurücklaufen der höchst rectificirten Flüssigkeit verhindert.

Unter  $s'$  befindet sich ein Wasserverschluss von erheblich grösserer Tiefe als die anderen, aus welchem das Rohr  $y$  die condensirte, aber noch heisse, höchst rectificirte Flüssigkeit in eine Kühlschlange abführt. Die obersten fünf Kammern  $vv$  sind nur durch massive Metallscheidewände getrennt, mit je einem grossen Loche an abwechselnden Seiten, durch welches die Dämpfe aufwärts und die Flüssigkeit abwärts gehen; sie haben nur den Zweck, die Dämpfe zum Zickzacklaufe um das Schlangenrohr  $mm$  zu zwingen und dadurch besser zu kühlen. Dieses Rohr läuft in allen 15 Kammern in mehreren Windungen hin und her, wie es Fig. 10 im Grundrisse zeigt; die Bogenstücke  $ll$  stellen die Verbindung zwischen den Rohrstücken je zweier Kammern her, so dass von der



Pumpe  $Q$  an eine continuirliche Rohrlänge  $mm$  nach oben, durch alle Kammern des Rectificators von oben nach unten, dann wieder aussen von unten nach oben sich erstreckt und endlich bei  $n'$  oben im Analysator aufhört.  $M$  ist das Vorrathsgefäss für die zu destillirende Flüssigkeit,  $L$  der Brunnen für die Pumpe  $Q$ , welche continuirlich arbeitet und etwas mehr liefert, als nothwendig ist, um den Apparat im Gange zu halten.

Fig. 10.



Das Ueberschüssige lässt man durch das mit Hahn versehene Rohr  $n$  nach  $M$  zurücklaufen und kann hierdurch die Operation genau reguliren. Die nöthige Wärme wird durch den Dampfkessel  $A$  geliefert; das von diesem ausgehende Dampfrohr  $bb$  vertheilt sich in dem Recipienten  $B''$  in verschiedene durchlöchernte Zweigröhren, welche in der Zeichnung nicht sichtbar sind.

Beim Anfange einer Operation setzt man die Pumpe  $Q$  in Bewegung, bis alle Windungen von  $mm$  gefüllt sind und das Gaswasser aus  $n^1$  auszulaufen anfängt. Dann stellt man die Pumpe still und lässt Dampf durch  $bb$  ausströmen. Dieser geht durch die Kammern  $B' B''$ , dann durch das Rohr  $z$  in den Analysator, und oben aus diesem durch  $i$  heraus, um unten in den Rectificator bei  $G$  einzutreten.

Hier steigt es wieder in die Kammern  $kk$  auf, um die Zickzackröhren herum und erhitzt das Gaswasser in denselben. Wenn der Aufseher durch Befühlen der Bogenröhren  $ll$  merkt, dass etwas über die Hälfte der zweiten Colonne warm geworden ist, so setzt er die Pumpe wieder in Gang. Das Gaswasser strömt nun fast siedend heiss aus  $n'$  in den Analysator und fliesst in diesem von Kammer zu Kammer durch die Ueberlaufröhren  $pp$  abwärts, wie es in der obersten Kammer durch Pfeile angegeben ist. Es kann nicht durch die Löcher in den Scheidewänden  $gh$  fließen, weil die Zahl und Weite derselben so regulirt ist, dass sie eben nur zur Passage des unter einem gewissen Drucke stehenden Dampfes von unten nach oben hinreichen. Dieser bläst daher in jeder Kammer zahlreiche Strahlen durch eine dünne Schicht der Flüssigkeit hindurch und treibt aus ihr die flüchtigen Ammoniaksalze so vollständig aus, dass, wenn sie in  $B$  ankommt, keine Spur davon mehr vorhanden ist (?). Wenn man sich durch das Wasserstandsglas  $x$  überzeugt, das  $B'$  beinahe voll ist, öffnet man das Ventil bei  $t$  und lässt den Inhalt von  $B'$  nach  $B''$  gehen. Wenn auch dieser voll ist, entleert man seinen Inhalt durch den Bodenhahn  $N$ , lässt den Inhalt von  $B'$  wieder nach  $B''$  fließen und arbeitet so continuirlich fort, so lange noch Gaswasser zur Destillation vorhanden ist. Das heisse aus  $B''$  ablaufende Phlegma dient noch zur Vorwärmung des Speisewassers für den Dampfkessel  $A$ .

Kommt das Wasser unten an, so ist es alles flüchtigen Ammoniaks beraubt. Der Dampf seinerseits nimmt in den zwölf Kammern des



Analysators eine Menge von Ammoniak mit, indem er sich theilweise condensirt.

Das Gemenge geht nun durch *i* in den Rectificator, umspült die Röhren *m m*, erhitzt deren Inhalt und verliert dabei durch Condensation

immer mehr Wasser, welches sich siedend heiss auf den Zwischenwänden niederschlägt. Was durch *w* entweicht, ist schon fast ganz wasserfreies Ammoniak, und dieses, nachdem es sich in den Kammern *vv* noch mehr gekühlt und das letzte Wasser abgegeben hat, entweicht durch *R* in den Saturator *D* in Fig. 8.

Wenn man Ammoniakflüssigkeit machen will, also eine mit Kalk versetzte Flüssigkeit verarbeitet, so bläst man weniger Dampf ein, wobei die Abtheilungen *vv* auf gewöhnliche Temperatur kommen, und kann dann aus der Röhre *y* am besten noch mit Einschaltung eines Kühlrohrs beliebig starke Flüssigkeit erhalten. Das sich in dem Rectificator weiter unten condensirende Wasser enthält noch etwas Ammoniak und läuft daher durch das Rohr *s* nach *L* zurück, um wieder durch *Q* aufgepumpt

zu werden. Die Operation wird ganz einfach durch Beobachtung des Thermometers *m'* regulirt, welches zeigt, wie heiss das Gaswasser aus *n'* einfließt. Ist es zu heiss, pumpt man mehr, zu kalt, weniger, was durch Stellung des Ueberlaufhahns von *n* augenblicklich bewirkt wird.

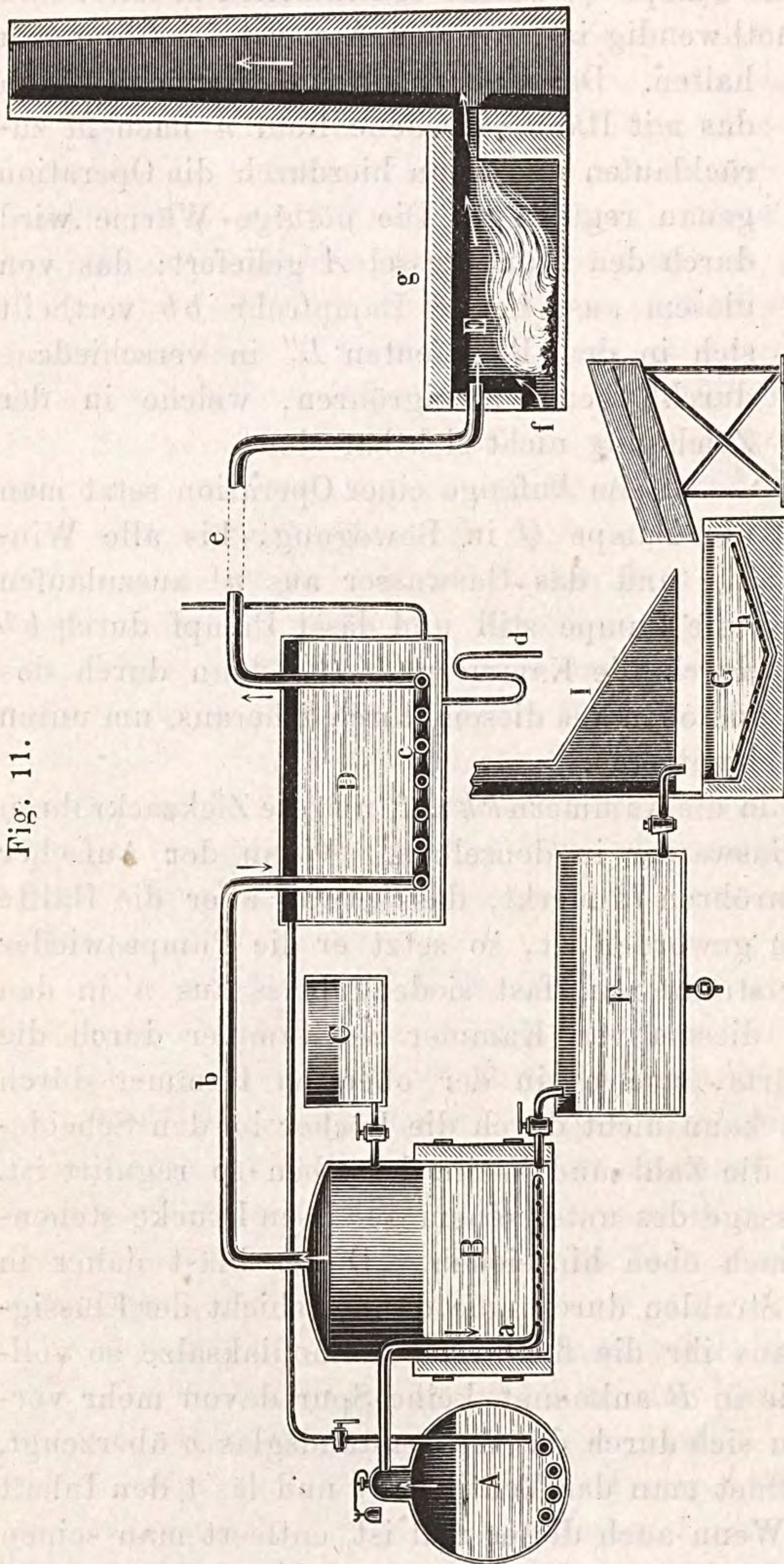


Fig. 11.



Zu Hyde wird ähnlich so gearbeitet. Das Gaswasser hat hier eine Stärke von  $7,5^0$  Tw. = 1,037 spec. Gew. Die Lauge wird auf  $52^0$  Tw. = 1,26 spec. Gew. eingedampft. Die Coffey stills sind hier 5,4 bis 7,5 m hoch, 1,8 bis 3 m lang und 0,3 bis 0,6 m breit mit 20 bis 30 Scheidewänden, je 75 mm von einander entfernt; oben bleibt ein Raum von 15 cm, unten ein solcher von 60 cm. Man wendet Dampf von 1,3 bis 2 Atmosphären an.

Fig. 11 giebt ein Bild der Anlage von Silbertown. Das Gaswasser wird in 10 000 Gallonen fassenden Walzenkesseln *A* ohne Zusatz von Kalk durch überhitzten Dampf in geschlossener Schlange destillirt. Das Ammoniakgas geht durch die mit Löchern (6 mm) versehene Bleischlange *a* in den Saturator *B*, welcher aus *C* mit Schwefelsäure von 1,235 spec. Gew. gefüllt wird.

Die dort entweichenden Gase gehen durch das 200 mm weite Rohr *b* in das Gefäß *D*, wo sie die Schlange *c* passiren müssen und das Condensirende bei *d* abläuft. *D* ist mit Gaswasser gefüllt, welches hier vorgewärmt wird und dann zur Füllung von *A* dient. Von hier entweichen die Gase durch ein 100 m langes, 10 mm weites Rohr zur Verbrennung in den Ofen *E*.

Das Wasser hat sich in dem langen Rohre condensirt. Ofen *E* wird mit Kohlenabfall unter Luftzutritt durch *f* geheizt und die Verbrennungsproducte gehen durch *g* in den Kamin.

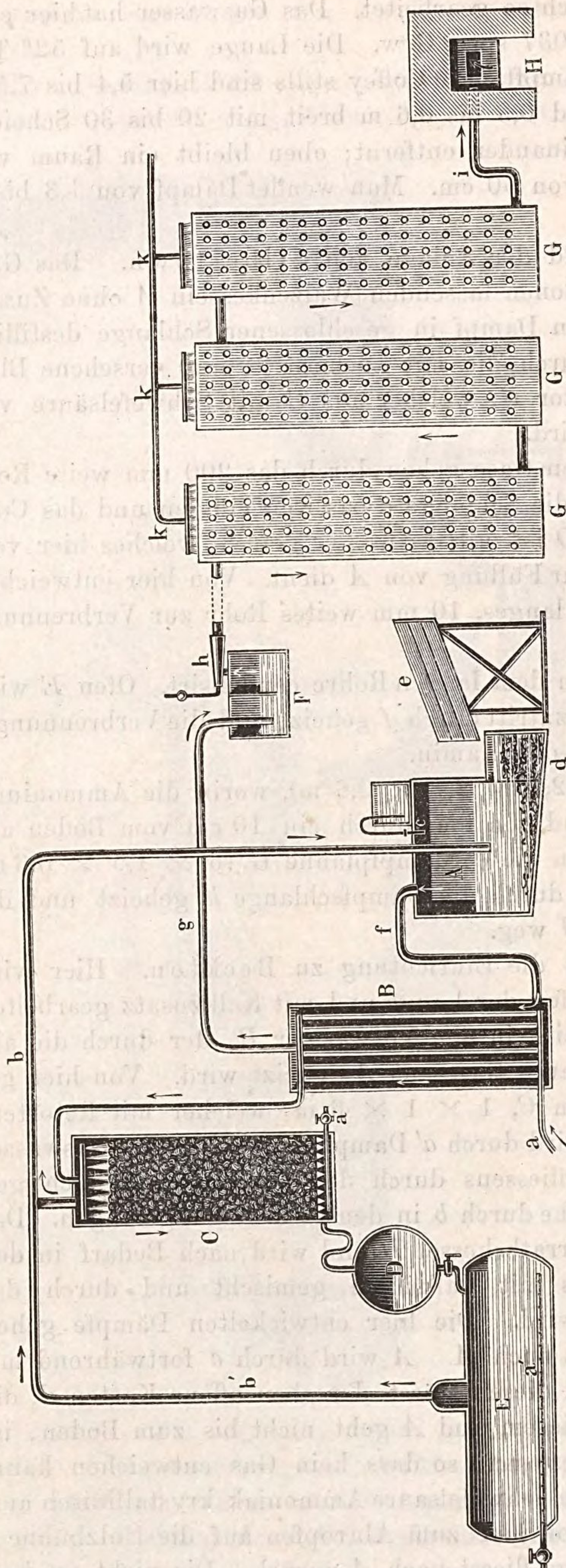
*F* ist ein Klärkasten ( $2,7 \times 2,7 \times 0,6$  m), worin die Ammoniumsulfatlauge aus *B* fließt und von hier durch ein 10 cm vom Boden abstehendes Rohr mit Hahn in die Verdampfpfanne *G* ( $6 \times 1,5 \times 0,6$  m) gelangt. Die Pfanne wird durch die Dampfschlange *h* geheizt und die Dämpfe entweichen unter *J* weg.

Fig. 12 (a. f. S.) zeigt die Einrichtung zu Beckton. Hier wird continuirlich ohne Eindampfen der Lauge und mit Kalkzusatz gearbeitet.

Das Gaswasser tritt bei *a* in den Vorwärmer *B*, der durch die abziehenden nicht condensirbaren Gase aus *A* geheizt wird. Von hier gelangt es in den Eisenturm *C*,  $1 \times 1 \times 6$  m, welcher mit Retortengraphit gefüllt ist. Hierin wird durch *a'* Dampf eingeführt; das Gaswasser wird während des Herunterfließens durch den Dampf seiner flüchtigen Verbindungen beraubt, welche durch *b* in den Saturator *A* gelangen. Das Gaswasser fließt in den Vorrathskessel *D* und wird nach Bedarf in den Kessel *E* gelassen, wo es mit Kalkmilch gemischt und durch das Dampfrohr *a'* abdestillirt wird. Die hier entwickelten Dämpfe gehen durch *b'* in *b* und von dort nach *A*. *A* wird durch *c* fortwährend mit Schwefelsäure gespeist. An diesen stößt der oben offene Kasten *d*; die Trennungswand zwischen diesem und *A* geht nicht bis zum Boden, ist aber durch Flüssigkeit abgesperrt, so dass kein Gas entweichen kann. In dem Saturator *A* fällt das schwefelsaure Ammoniak krystallinisch aus, wird nach *d* gezogen und von hier zum Abtropfen auf die Holzbühne *e* ausgehoben. Die Mutterlauge fließt nach *A* zurück. Die nicht conden-



Fig. 12.



sirbaren Gase streichen durch *f* nach dem Vorwärmer *B* und durch *g* nach dem Waschgefäße *F*, wo sie durch ein Körting'sches Gebläse *h* unter Wasser durchgepresst und dadurch gewaschen und gekühlt werden.

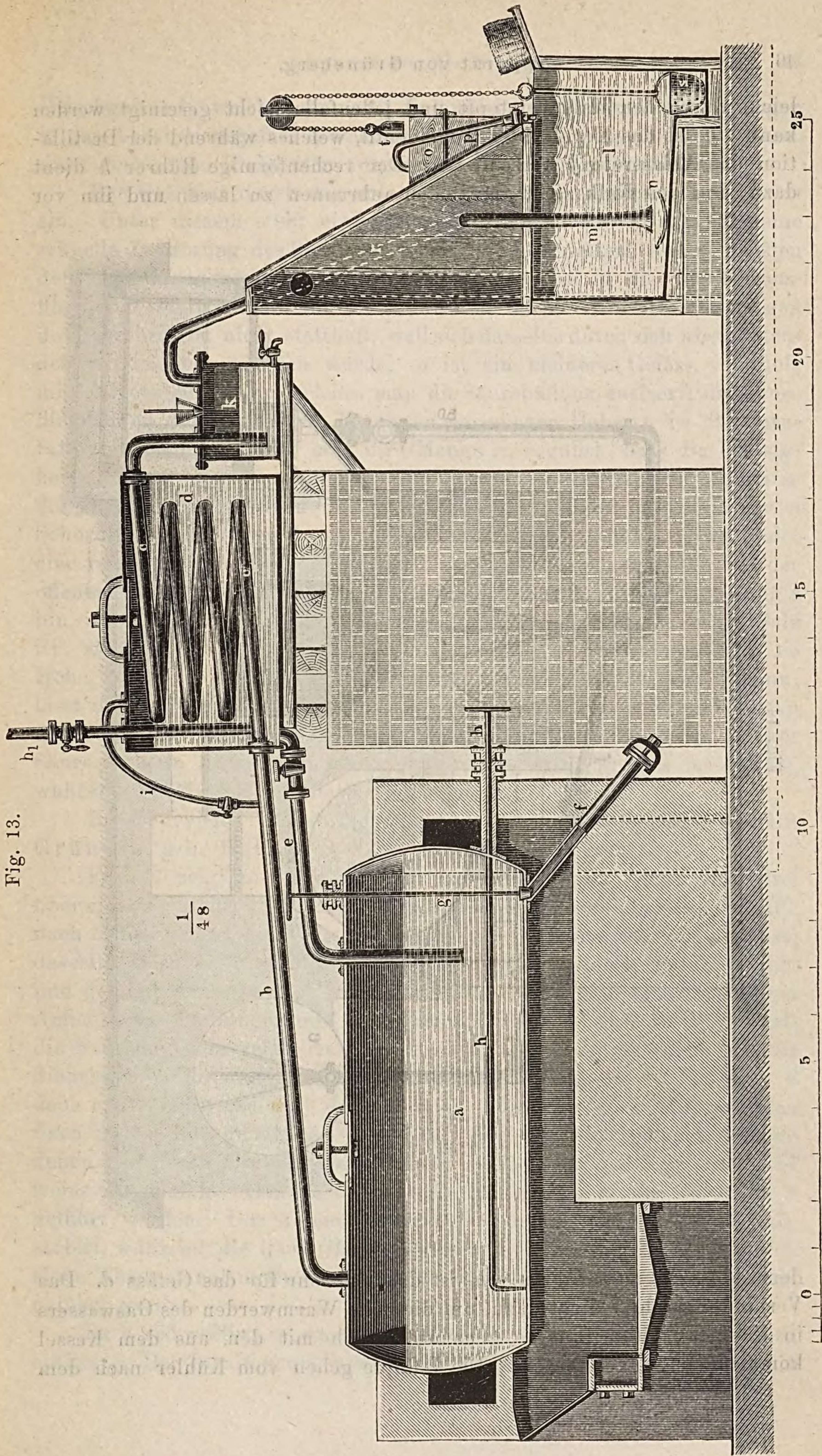
In den Thürmen *GGG* folgt die Condensation des Wasserdampfes. Das Wasser läuft unten ab, während die getrockneten Gase durch *i* zu dem Verbrennungsofen *H* gehen, wo der Schwefelwasserstoff durch ein Koksfeuer unter Luftzutritt verbrannt wird.

Durch *kk* kann die Kühlung der Thürme noch durch kaltes Wasser erfolgen.

Lunge hat folgenden Apparat in Vorschlag gebracht (Fig. 13). *a* ist der Destillirkessel, dem man je nach Bedarf beliebige Grösse giebt; *b* ist das Gasrohr, welches sich in die Schlange *c* fortsetzt, die in einem mit Ammoniakwasser oder gewöhnlichem Wasser gefüllten Gefäße von Eisenblech oder einem mit Blei ausgeschlagenen Holzkasten liegt. Das Rohr *e* mit Hahn lässt den Inhalt von *d* nach *a* fließen, wenn der Kessel nach beendeter Arbeit entleert worden ist. Das Ablassrohr *f* ist so angebracht, dass es nicht



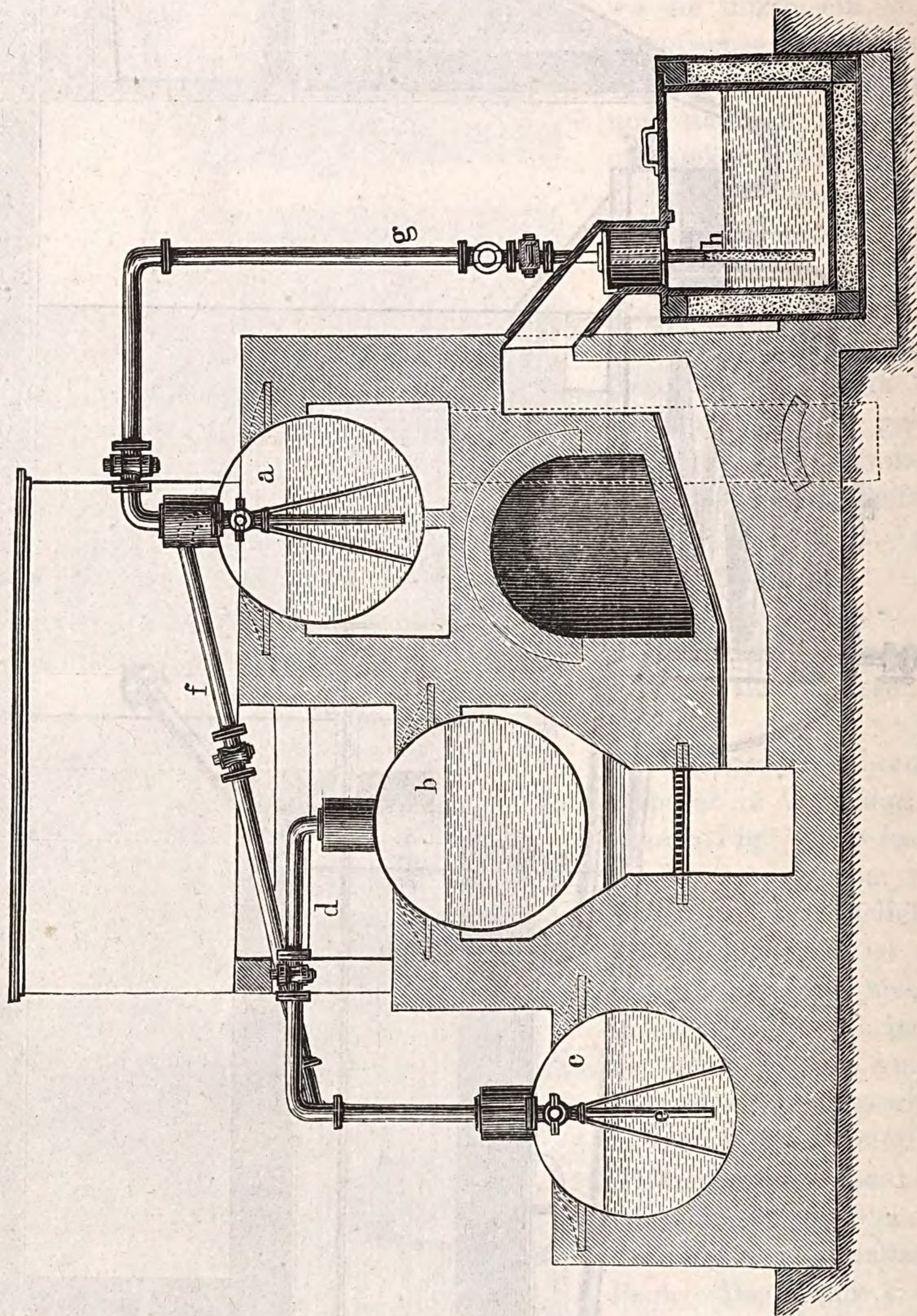
Fig. 13.





leicht durch den Kalk verstopft und jedenfalls leicht gereinigt werden kann. *g* ist das Kegel- oder Kugelventil, welches während der Destillation das Ablassrohr *f* verschliesst. Der rechenförmige Rührer *h* dient dazu, um den Kalk nicht am Boden anbrennen zu lassen und ihn vor

Fig. 14.



dem Ablassen aufzurühren. *h*<sub>1</sub> ist das Füllrohr für das Gefäß *d*. Das Verbindungsrohr *i* dient dazu, um die beim Warmwerden des Gaswassers in *d* entwickelten Dämpfe gemeinschaftlich mit den aus dem Kessel kommenden zu verdichten. Die Dämpfe gehen vom Kühler nach dem



Waschgefäss *k*, welches man mit Kalkmilch füllen kann, und gelangen in das Absorptionsgefäss *l*, welches aus einem mit zusammengeblasenen, nicht gelötheten, Bleiplatten ausgeschlagenen Holzkasten besteht.

Das Gas tritt durch das unten trichterförmig erweiterte Bleirohr *m* ein. Unter diesem steht eine Bleischale, welche den Zweck hat, eine schnelle Zerstörung des Bleies an der Stelle zu verhüten, die am meisten dem Angriff ausgesetzt ist, wo nämlich das Gas in die Absorptionsflüssigkeit eintritt und auf den Bleiboden bläst. Ein Aufwärtsbiegen des Gasrohres ist nicht statthaft, weil sich dasselbe durch sich abscheidendes Salz leicht verstopfen würde. *o* ist ein kleineres Gefäss von Holz mit Bleiverkleidung, in welches man die Säureballons ausleert; die Säure fliesst dann durch den mit Thonhahn versehenen Heber *p* in das Saturationsgefäss *l* ab, indem man ihre Menge so regulirt, dass die Flüssigkeit stets schwach sauer bleibt. Die entweichenden Dämpfe werden in der Haube *r* aufgefangen und durch ein weites Rohr in den nächsten Schornstein, am besten durch ein brennendes Feuer geführt. In *l* findet eine reichliche Abscheidung von Salz statt; man zieht dasselbe von der offenen Vorderseite aus auf dem geneigten Boden nach der Vertiefung *s* hin, in welcher ein durchlöcherter Bleieimer steht; wenn dieser voll Salz ist, zieht man ihn mittelst der abgebildeten Kette und Rolle in die Höhe, was mit Hülfe des Gegengewichtes *t* ohne Mühe geschehen kann; lässt ihn abtropfen, entleert ihn in einen Weidenkorb, deren mehrere an den Seiten des Gefässes *l* entlang stehen. Bei Anwendung von starker Säure ist kein Abdampfen nöthig und man erhält directes festes Salz, während die Mutterlauge nach *l* zurückläuft.

In sehr vielen Gasfabriken steht der Dreikessel-Apparat von Dr. Grüneberg in Kalk (s. S. 63 seinen neueren Apparat).

Fig. 14 zeigt uns den Apparat im Querschnitt. *abc* sind drei über einander stehende Kessel, wovon *a* frisches Ammoniakwasser enthält; nach *b* fliesst dann das Wasser, welches schon Ammoniak verloren hat; dasselbe wird dann in *b* vollständig von freiem Ammoniak abdestillirt und gelangt dann nach *c*, wo es zur Zersetzung der nicht flüchtigen Ammoniakverbindungen mit Kalk versetzt wird. *b* wird direct geheizt; die Feuerungsgase gehen dann nach *a* und erwärmen denselben bis zur Siedehitze. Die in *b* entstehenden Dämpfe gehen durch das Rohr *d* nach *c*, hier entwickeln sie das durch die zugesetzte Kalkmilch aus den fixen Salzen frei gemachte Ammoniak. Die hier entstehenden Dämpfe gehen nun durch *f* in den Vorwärmer *a*, welche hier einen grossen Theil freies Ammoniak entbinden und mit diesem durch *g* in den Saturator *h* geführt werden. Das Ammoniak wird hier von der Schwefelsäure absorbirt, während die Gase (Kohlensäure und Schwefelwasserstoff) durch einen Abzugscanal unter die Feuerung und von dort in den Schornstein geführt werden.

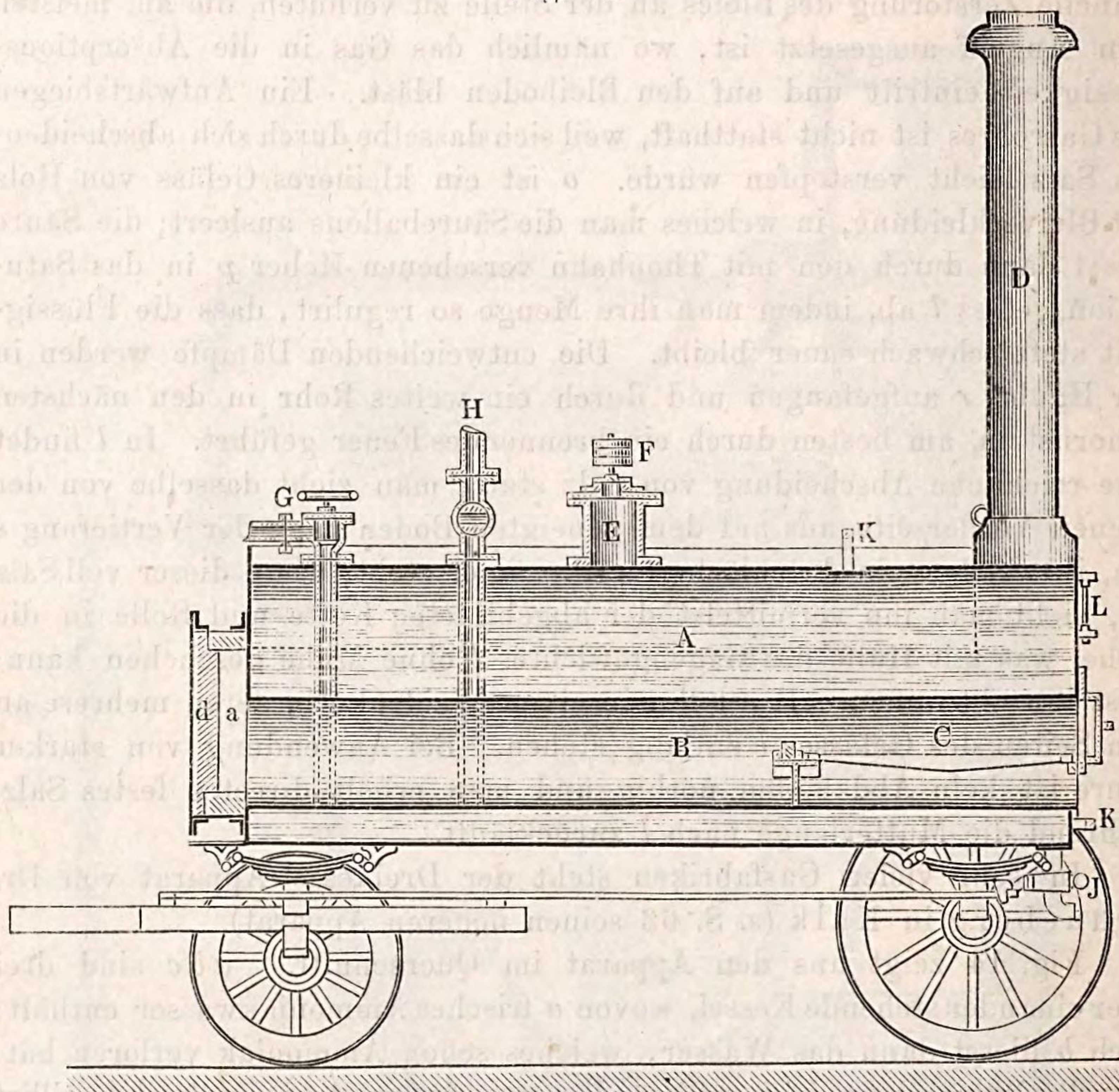
Ist *c* abdestillirt, so wird es durch ein am Boden befindliches Ventil entleert. Der Inhalt von *b* wird dann nach *c* abgelassen und *b* aus *a*



gefüllt; *a* wird nun wieder mit frischem Ammoniakwasser gefüllt und die Operation kann nun von Neuem wieder losgehen.

Das in dem Sättigungskasten *h* entstehende Salz wird ausgeschöpft, abtropfen gelassen und getrocknet. Die Mutterlauge fließt in den

Fig. 15.



Kasten zurück und wird zur Verdünnung von starker Säure wieder verwandt.

Der Apparat giebt sehr gute Resultate und ist besonders für Salmiakgeist empfehlenswerth.

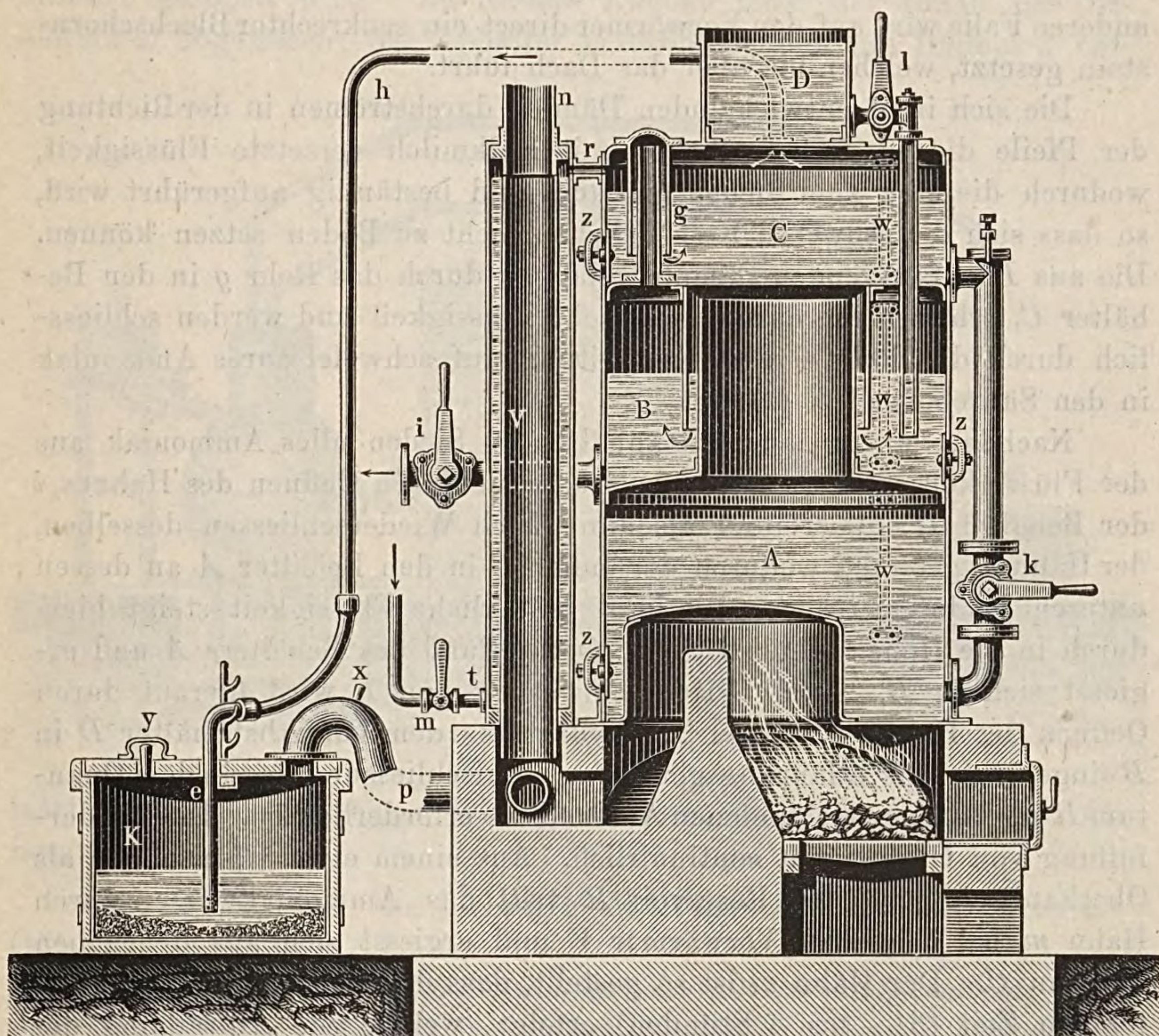
Ein transportabler Apparat zur Verarbeitung von Gaswasser ist von Fr. Gerold in Zwickau und M. Vacherot in Dresden (D. R.-P. 21 821) construirt (Fig. 15).

Der Apparat dient dazu, um Gaswasser in getrennten Fabriken, in ein und demselben Kessel auf Ammoniak zu verarbeiten. Derselbe ist ein gewöhnlicher Cylinderkessel mit Feuerrohr *B*, Rost *C* und Zügen, welche den Kessel von aussen umgeben, und aus denen die Feuergase durch Esse *D* entweichen. Sie sind innen mit Chamotteplatten *d* belegt und werden durch an die Stirnwand angebrachte Mannlöcher



gereinigt. Auf dem Kessel befindet sich ein kleiner Dom *E* mit Sicherheitsventil *f* und Abzugsrohr *F* für die Ammoniakgase. *G* ist das Eingangsrohr mit Bleiventil für das Gaswasser, *H* das Eingangsrohr mit Hahnverschluss für die Kalkmilch und *J* ist der Ablasshahn für das abdestillierte Wasser. *KK* sind Mannlochdeckel zum Reinigen des Kessels und *L* ist ein Wasserstandszeiger. Die

Fig. 16.



frei liegende cylindrische Oberfläche des Kessels wird so viel als möglich mit Wärmeschutzmasse *M* belegt. Dieser so armirte Kessel ruht durch vier Federn *N* auf einem zum Fahren eingerichteten Gestell.

Jacob Gareis in Deutz bei Cöln hat folgenden Apparat (D. R.-P. 21 707) construiert, welcher von der Cölnischen Maschinenbau-Actien-Gesellschaft Bayenthal gebaut wird und in mehreren kleinen Gasfabriken gute Verwendung gefunden hat (Fig. 16).

Der Apparat enthält 4 getrennte Behälter, *A*, *B*, *C*, *D*. Die Behälter *A* und *C* werden mit der puren abzudestillirenden ammoniak-



haltigen Flüssigkeit gefüllt, der Behälter *B* enthält ausserdem noch einen Zusatz von Kalkmilch, welcher aus *D* eingelassen wird.

*A* wird durch directes Feuer von dem Roste *f* aus geheizt, die Rauchgase durchziehen den Vorwärmer *V* und gelangen durch das Rohr *n* in den Schornstein; kann der Apparat in der Nähe eines gemauerten Schornsteins aufgestellt werden, so wird die Verbindung mit demselben durch ein eisernes Rohr bewirkt, welches von dem oberen Ende *n* des Vorwärmers in horizontaler Richtung nach dem Schornstein führt, im anderen Falle wird auf den Vorwärmer direct ein senkrechter Blechschornstein gesetzt, welcher bis über das Dach führt.

Die sich in *A* entwickelnden Dämpfe durchströmen in der Richtung der Pfeile die in *B* befindliche, mit Kalkmilch versetzte Flüssigkeit, wodurch dieselbe zum Sieden gebracht und beständig aufgerührt wird, so dass sich die schweren Kalktheilchen nicht zu Boden setzen können. Die aus *B* aufsteigenden Dämpfe gelangen durch das Rohr *g* in den Behälter *C*, erhitzen die darin befindliche Flüssigkeit und werden schliesslich durch das Rohr *h* zur Verarbeitung auf schwefelsaures Ammoniak in den Säurebottich *K* geleitet.

Nachdem durch längeres anhaltendes Sieden alles Ammoniak aus der Flüssigkeit in *B* ausgetrieben ist, wird durch Oeffnen des Hahnes *i* der Behälter *B* entleert und alsdann, nach Wiederschliessen desselben, der Hahn *K* geöffnet, wodurch der Inhalt *C* in den Behälter *A* an dessen unterem Ende einströmt. Die in *A* befindliche Flüssigkeit steigt hierdurch in die Höhe, überfließt den oberen Rand des Behälters *A* und ergiesst sich in *B*. Nach Wiederschliessung von *K* wird hierauf durch Oeffnen des Hahnes *l* so viel Kalkhydrat aus dem Vorrathsbehälter *D* in *B* eingelassen, als erfahrungsgemäss zur Aufschliessung des in dem Quantum *B* enthaltenen gebundenen Ammoniaks erforderlich ist. Die Wiederfüllung von *C* geschieht continuirlich. Aus einem etwa 1,5 m höher als Oberkante *D* gestellten Reservoir *R* tritt das Ammoniakwasser durch Hahn *m* bei *t* in den Vorwärmer *V* und ergiesst sich aus demselben bei *r* in *C*. Der Hahn *m* ist so gestellt, dass die Füllung von *C* in derjenigen Zeit ( $3\frac{1}{2}$  bis 4 Stunden) erfolgt, welche zur Abtreibung der Flüssigkeit in *B* verwandt wird. Alle 3 bis 4 Stunden also wiederholt sich das Ablassen der Flüssigkeit aus *B* und die Wiederfüllung von *C*.

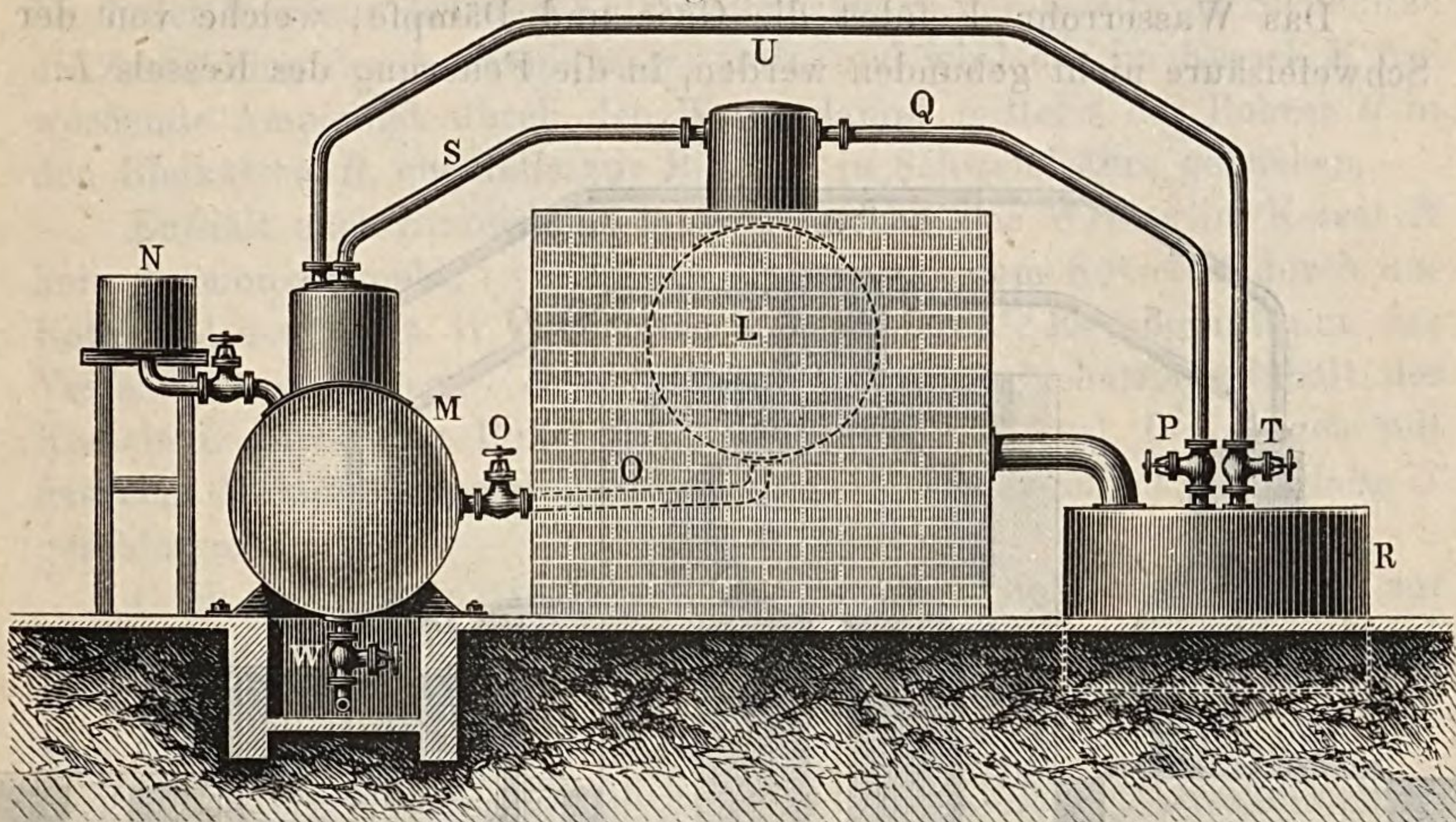
Die sich im Säurebottich *K* entwickelnden Dämpfe gelangen durch das Rohr *p* in die Feuerung und entweichen mit den Rauchgasen durch den Schornstein. Zur Beobachtung der im Apparate befindlichen Flüssigkeitsquantitäten dienen die Wasserstandsgläser *w* und zur Reinigung des Kessels die Putzöffnungen *z*.

Der mit Blei gefütterte Säurebottich *K* wird bei der Inbetriebsetzung mit verdünnter Schwefelsäure bis zur Hälfte gefüllt. Das bleierne Eintauchrohr *e*, durch welches die Ammoniakdämpfe in das Säurebad geleitet werden, ist durch einen Gummischlauch mit dem Dampfrohre *h* verbunden; es kann in Folge dessen hoch und tief, der vor-



handenen Quantität des abgelagerten Salzes entsprechend, eingehängt werden. Ist die Säure neutralisirt, so wird der Bottich durch Abnahme seines Deckels geöffnet, alsdann das Salz herausgeschafft und auf die Abtropfbühne *T* gebracht. Die abtropfende Lauge wird wieder in den Bottich zurückgebracht. Soll der Apparat ausser Betrieb gesetzt werden, so ist darauf zu achten, dass der Inhalt des Säurebottichs durch die sich im Kessel vollziehende Condensation der Dämpfe nicht in denselben hinüber gezogen wird. Zu diesem Zwecke muss der Inhalt des Behälters *B* abgelassen, der Behälter *C* durch Oeffnen des Hahnes *k* ent-

Fig. 17a.



leert und das Tauchrohr *e* des Säurebottichs aus demselben heraus genommen werden.

Georg Wunder in Leipzig hat folgenden Apparat construiert (Fig. 17 a, b, D. R.-P. 17 411).

Der Apparat besteht aus zwei Kesseln mit zwei getrennten, nach dem Schwefelsäurebehälter führenden Dampfrohrleitungen, wobei die Gewinnung der flüchtigen Ammoniakverbindungen, ferner die Zersetzung der nicht flüchtigen Ammoniakverbindungen durch Kalkzusatz und die Gewinnung des Ammoniaks aus denselben in getrennten Operationen durchgeführt wird.

Das Anbrennen von Kalk an den Kesselwänden ist ausgeschlossen, da der Kalkkessel durch Dampf erhitzt wird.

Der Kessel *L* ist mit Rostfeuerung versehen und wird mittelst einer Pumpe oder in anderer Weise mit rohem Ammoniakwasser gefüllt.

Der tiefer gelegene Kessel *M* besitzt keine Feuerung und wird mit solchem Ammoniakwasser gefüllt, welches schon im Kessel *L* abdestillirt worden ist; es erhält durch den Trichter *N* den zur Zersetzung der bei Siedehitze des Wassers nicht flüchtigen Ammoniakverbindungen nöthigen



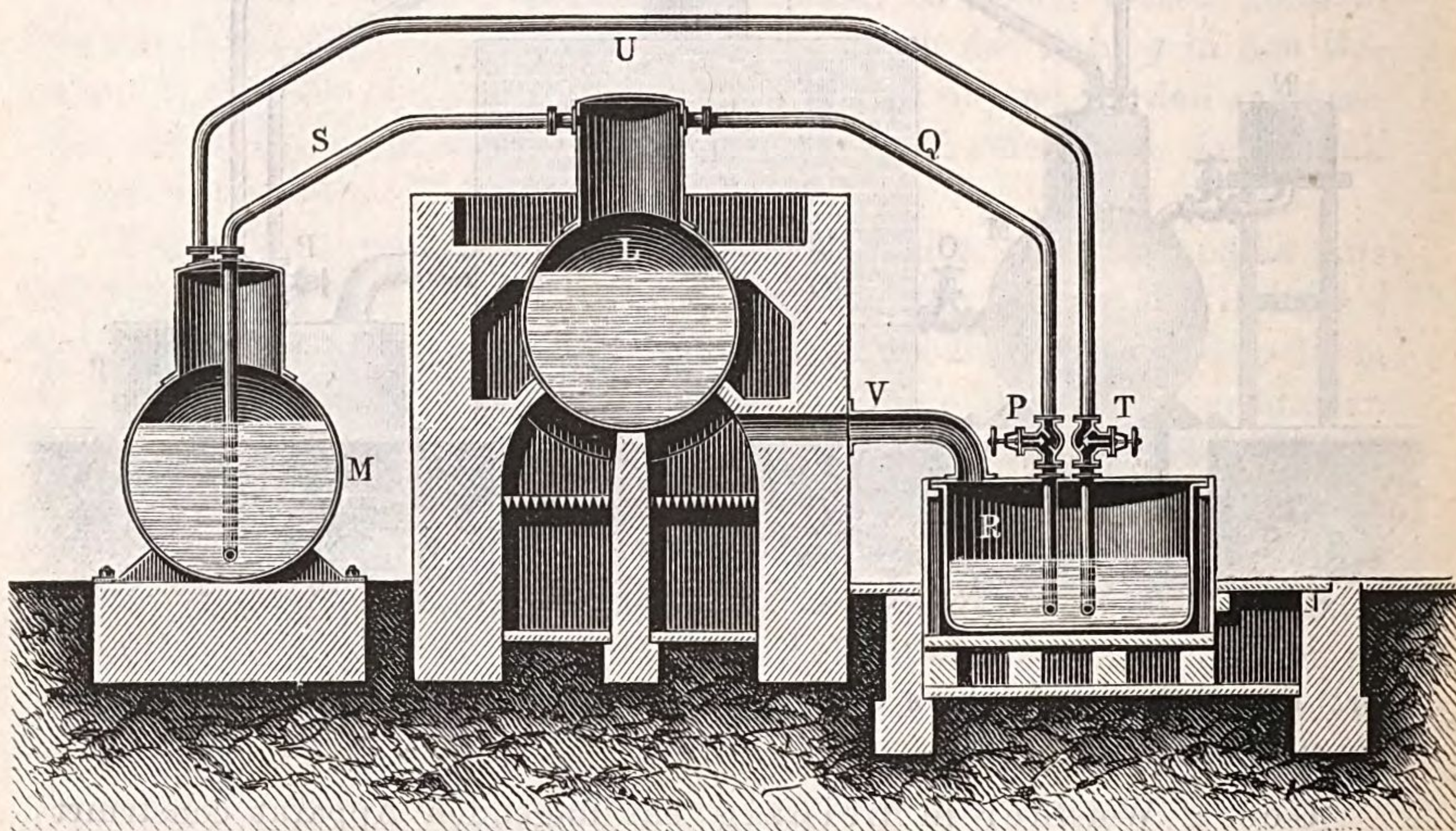
Kalkmilchzusatz. Die Füllung des Wassers vom Kessel *L* in den Kessel *M* geschieht durch Rohr, Hahn oder Ventil *O*.

Von dem Kessel *L* führt ein durch Hahn oder Ventil *P* verschliessbares Dampfrohr *Q* in den Bleikasten *R*, welcher bis über die Mündung des Rohres *Q* mit Schwefelsäure gefüllt ist, und ein zweites Dampfrohr *S* bis fast an den Boden des Kessels *M*.

Von dem Kessel *M* ist ebenfalls ein Dampfrohr *U*, durch Hahn oder Ventil *T* verschliessbar, neben dem Dampfrohr *Q* in den Bleikasten *R* geführt, und taucht dieses Rohr ebenfalls in die vorgelegte Schwefelsäure ein.

Das Wasserrohr *V* führt die Gase und Dämpfe, welche von der Schwefelsäure nicht gebunden werden, in die Feuerung des Kessels *L*.

Fig. 17 b.



Das Verfahren ist nun folgendes. Der Kessel *L* sei mit rohem Ammoniakwasser, Kessel *M* dagegen mit solchem Wasser, welches schon im Kessel *L* abdestillirt worden ist, angefüllt.

Es wird nun zuerst die Gewinnung der im rohen Ammoniakwasser enthaltenen, in der Siedehitze des Wassers flüchtigen Ammoniakverbindungen bewirkt.

Zu diesem Zweck wird das Wasser im Kessel *L* durch die directe Feuerung der Siedehitze ausgesetzt und der entwickelte Dampf bei offenem Hahn *P* durch das Rohr *Q* in den Kasten *R* und die darin enthaltene Schwefelsäure eingeführt, während der Hahn *T* geschlossen bleibt, woselbst das Ammoniak von der Schwefelsäure absorbiert wird, während die nicht absorbirbaren Gase, wie Schwefelwasserstoff, Kohlensäure und Wasserdampf, durch das Rohr *V* in die Feuerung gehen. Sind nun durch hinreichend langes Kochen des Wassers sämtliche flüchtige Ammoniak-



verbindungen ausgetrieben, so geht man zweitens zur Gewinnung des im Wasser des Kessels *M* enthaltenen, in der Siedehitze nicht flüchtigen Ammoniaks über.

Zu diesem Zweck wird die dem Gehalt dieses Wassers an Ammoniumsalzen entsprechende Menge Kalkmilch durch den Trichter *N* in den Kessel *M* eingefüllt und darauf der Hahn *T* geöffnet, Hahn *P* geschlossen.

Der Kessel *L* wird fortdauernd geheizt und der darin entwickelte Dampf ist nun, weil Hahn *P* geschlossen, Hahn *T* aber offen ist, genöthigt, durch das Rohr *S* in das Wasser des Kessels *M* einzutreten. Es findet hier nun bei dem Kalkmilchzusatz in der bewirkten Siedehitze die Zersetzung der Ammoniumsalze statt, und wird das im Kessel *M* frei werdende Ammoniak durch den Wasserdampf mittelst des Rohres *U* in den Bleikasten *R*, ebenfalls zur Bildung in Schwefelsäure getrieben.

Enthält nach hinreichend langem Kochen das Wasser im Kessel *M* kein Ammoniak mehr, so wird das Wasser aus dem Kessel *M* durch das Rohr und den Hahn *W* abgelassen und entfernt. Es beginnt nun das Verfahren von Neuem. Kessel *M* wird mit dem bisherigen Inhalt des Kessels *L* durch das Rohr und den Hahn *O*, Kessel *L* dagegen mit frischem Ammoniakwasser gefüllt. Hahn *P* wird geöffnet, und Hahn *T* geschlossen.

C. H. Schneider in Freiburg im B. hat folgenden Apparat zur Gewinnung von Ammoniak angegeben (D. R.-P. 21 252, Fig. 18, a. f. S.).

Während der Destillation befindet sich die zu verarbeitende Flüssigkeit in den Destillationskesseln *A* und *B*.

In den Destillationskessel *A* strömt durch die Einlassöffnungen *a* Dampf ein, die in *A* enthaltene Flüssigkeit wird erhitzt, es entweicht aus derselben ein Gemisch von Wasserdampf und Ammoniak, welches durch die Rohrleitung *b* in den zweiten Destillationskasten *B* mittelst der Glocken *c* unter der Flüssigkeitsoberfläche austritt und die in diesem Kasten befindliche Flüssigkeit erwärmt; in Folge dessen entweicht aus derselben ein Gemisch von Wasserdampf und Ammoniak, welches durch die Rohrleitung *d* nach dem Dephlegmator *C* geführt wird.

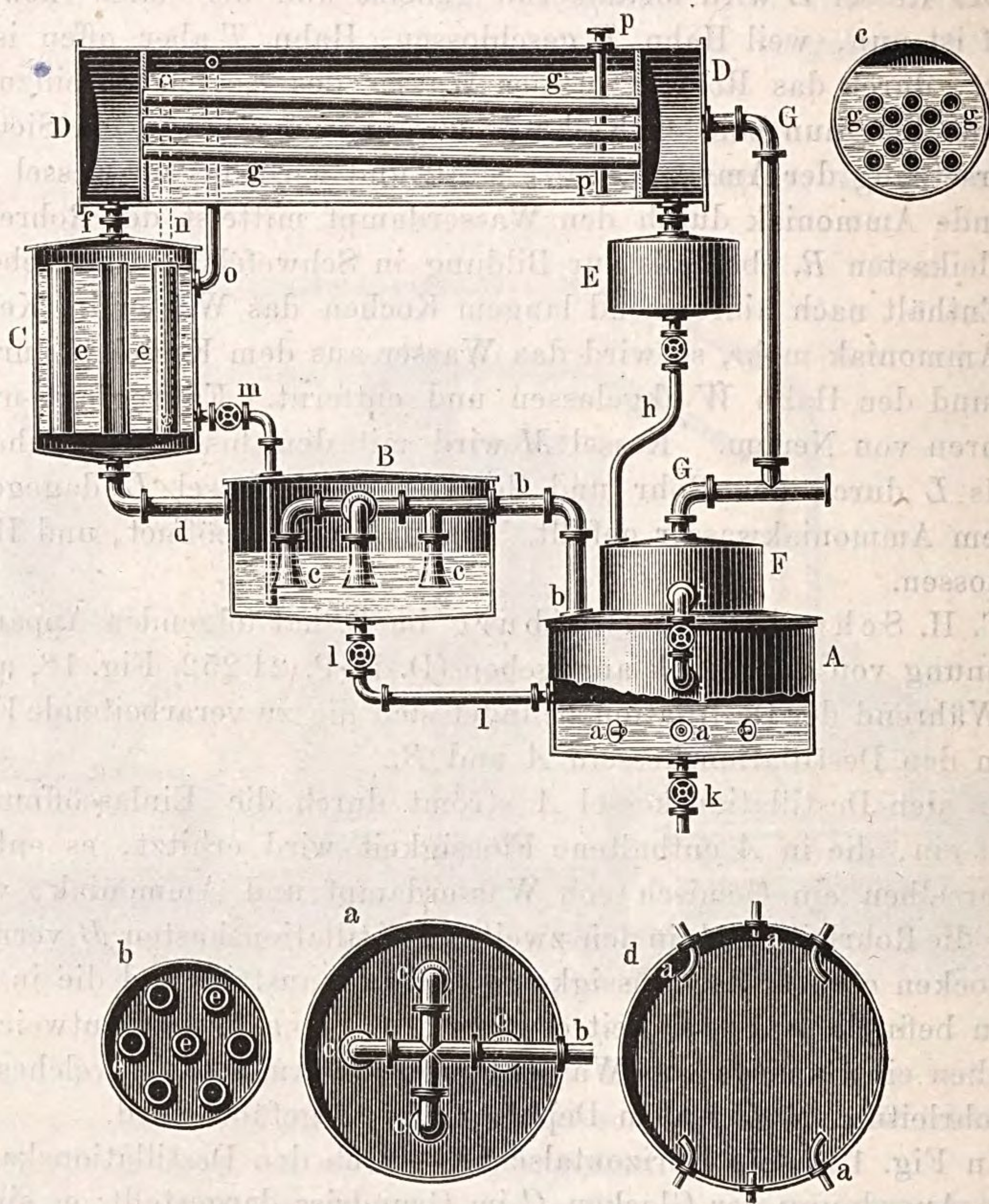
In Fig. 18 a, ein Horizontalschnitt durch den Destillationskasten *B*, ist die Anordnung der Glocken *C* im Grundriss dargestellt; es sind hier vier Glocken angenommen worden; ihre Anzahl richtet sich sonst nach der Grösse der Flüssigkeitsoberfläche, und ihre Eintauchungstiefe ist bedingt durch die Schichthöhe der Flüssigkeit; ihr Zweck besteht darin, die abzudestillirende Flüssigkeit bis zu einer gewissen Tiefe durch die aus ihnen austretenden Dämpfe in fortwährende Wallungen zu versetzen und die Flüssigkeitsoberfläche dadurch fortwährend zu erneuern, wodurch das Entweichen des Ammoniaks erleichtert und beschleunigt wird.

Der Dephlegmator *C* besteht aus einem System von verticalen Röhren *e* (s. Fig. 18 b, Querschnitt durch den Dephlegmator), welche aussen von zu verarbeitender kalter Flüssigkeit umgeben sind, so dass



die durch die Röhren *e* strömenden Wasserdämpfe zum Theil condensirt werden und aus dem Dephlegmator durch das Rohr *f* nach dem Condensator *D* Dämpfe entweichen, deren Gehalt an Wasserdampf geringer ist, als es der Gehalt der in den Dephlegmator eingetretenen Dämpfe war. Die condensirten Wasserdämpfe fließen durch das Rohr *d* nach dem Destillationskasten *B* zurück. Auf diese Weise wird eine grosse Menge

Fig. 18.



Wasser von dem folgenden Process ferngehalten, welches bei anderen älteren Apparatsystemen leicht störend auf den guten Fortgang des Destillationsprocesses einwirkt und denselben oft unmöglich macht.

Der Condensator *D* besteht aus einem System von Röhren *g* (Fig. 18 c, Querschnitt durch den Condensator), welche aussen von zu verarbeitender kalter Flüssigkeit umgeben sind; in Folge dessen wird ein Theil der durch die Röhren strömenden Dämpfe condensirt, welcher als ammoniakhaltiges Wasser in den geeigneten Röhren *g* nach vorn in die Vorlage *E* abfließt, während die nicht verdichteten Ammoniakdämpfe



aus dem Condensator *D* durch die Rohrleitung *G* nach einem Säurekasten gelangen und dort als schwefelsaures oder salzsaures Ammoniak abgeschieden oder in einer Vorlage von Wasser absorbiert werden können.

Das in der Vorlage *E* während einer Charge angesammelte Ammoniakwasser wird am Ende derselben durch die Rohrleitung *h* nach dem Rectificator *F* abgelassen, welcher mit seinem Boden unmittelbar auf dem Destillationskessel *A* ruht und von diesem aus derart erwärmt wird, dass aus der im Rectificator befindlichen Flüssigkeit Ammoniak, aber keine Wasserdämpfe entweichen; die so entwickelten Ammoniakdämpfe gehen durch die Rohrleitung *G* nach dem Säurekasten.

Die von Ammoniak befreite Flüssigkeit wird am Ende der Charge aus dem Rectificator *F* durch die Rohrleitung *i* nach dem Destillationskasten *A* abgelassen, um dieselbe dort nochmals an der Destillation theilnehmen zu lassen.

Sind aus der im Destillationskessel *A* befindlichen Flüssigkeit die Ammoniakdämpfe ausgetrieben, so ist eine Destillationscharge beendet; durch die Rohrleitung *k* wird der Kessel entleert und dann vermittelt der Rohrleitung *l* der Inhalt des Destillationskessels *B* nach dem Kessel *A* abgelassen, während Kessel *B* durch die Rohrleitung *m* mit der im Dephlegmator vorgewärmten Flüssigkeit gefüllt wird; dabei ist die Rohrleitung *m* so am Dephlegmator angebracht, dass aus demselben nur diejenige Quantität in den Kessel *B* laufen kann, die pro Charge verarbeitet werden soll.

Durch die Rohrleitung *n* wird der Dephlegmator mit Flüssigkeit aus dem Condensator gefüllt, wobei die Auslauföffnung in solcher Höhe angebracht ist, dass nur die oberen warmen Flüssigkeitsschichten in den Dephlegmator abfließen können. Um den Dephlegmator vollständig füllen zu können, ist ein Luftableitungsrohr *o* angebracht, das in den oberen, nicht mit Flüssigkeit gefüllten Raum des Condensators mündet. Durch den Einlauf *p* wird der Condensator mit Flüssigkeit gefüllt; es geschieht dies entweder durch eine Pumpe oder vermittelt eines über dem Condensator liegenden Reservoirs. Durch ein am Condensator anzubringendes Ueberlaufrohr wird die Höhe, bis zu welcher der Condensator gefüllt werden soll, gesichert.

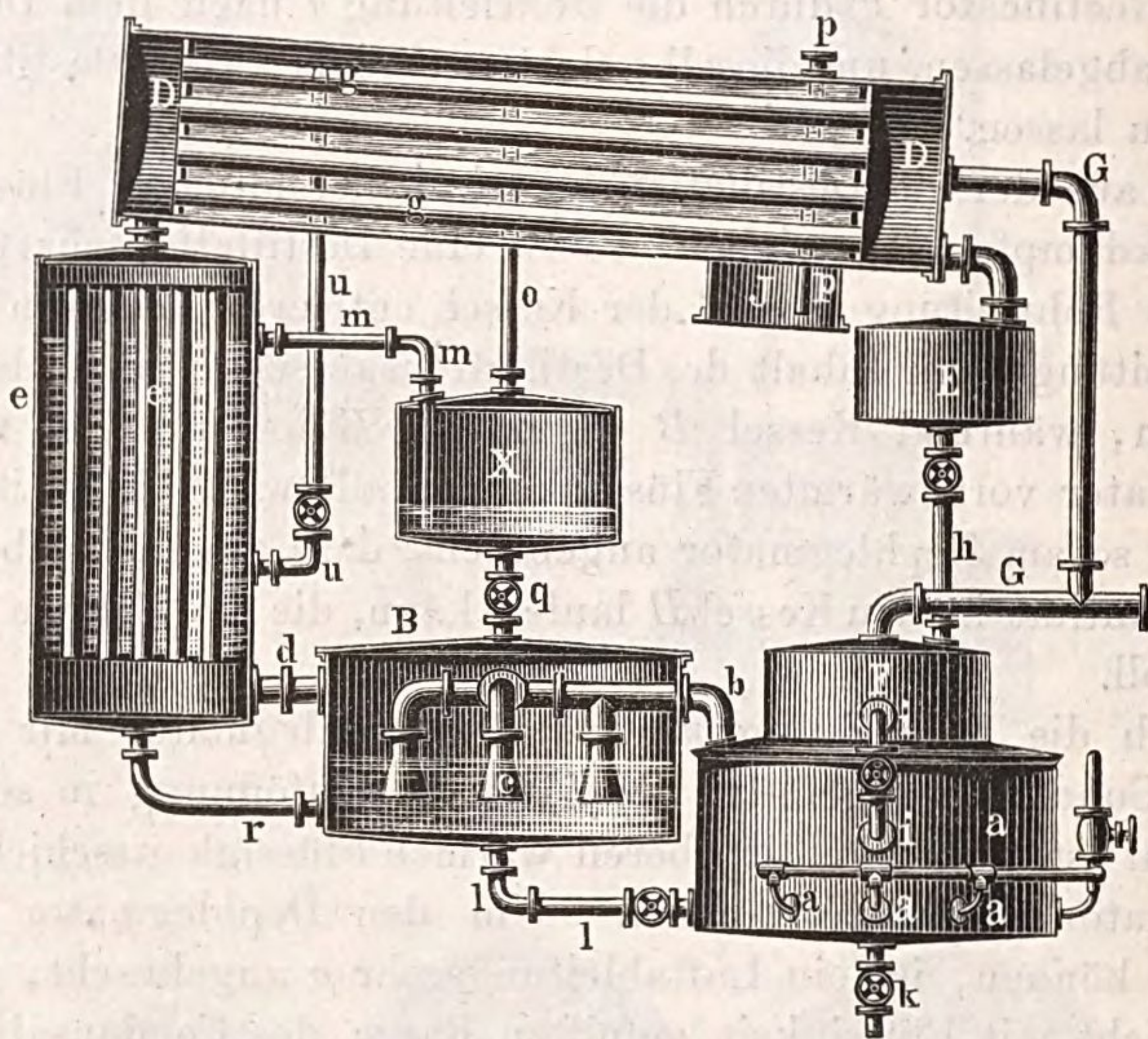
Dieser Apparat ist nur für 4 cbm pro 24 Stunden construirt und nur für solches Wasser, welches keine als Niederschläge absetzende fremde Beimengungen führt. Für grössere Mengen, die schlammige Niederschläge bilden, ist der Apparat etwas abgeändert. Er enthält dann die in Fig. 19 (a. f. S.) angegebene Construction.

Der Condensator ist dann nach vorn geneigt und trägt an seiner tiefsten Stelle einen Schlamm-sammler *J*, in welchem sich die Niederschläge sammeln können, ohne die Condensatorröhren zu belegen. Ferner ist der Apparat für continuirlichen Zufluss eingerichtet. Aus einem in entsprechender Höhe gelegenen Reservoir oder vermittelt einer



Pumpe wird continuirlich Flüssigkeit in den Condensator *D* geführt, aus welchem durch das Rohr *u* die oberen warmen Schichten nach dem Dephlegmator *e* und von da aus wieder die wärmeren Schichten durch die Rohrleitung *m* nach dem Sammelkessel *X* abfließen; dieser Kessel hat ein Luftrohr *o*, das im oberen, nicht mit Flüssigkeit gefüllten Theil des Condensators einmündet, und steht durch die Rohrleitung *q* mit dem Destillationskessel *B* in Verbindung. Durch die Stellung des Hahnes in der Leitung *u* kann man den Zufluss so reguliren, dass während einer Destillationscharge gerade die pro Charge zu verarbeitende Flüssigkeit sich im Kessel *X* ansammelt; übrigens kann man durch den Schluss des Hahnes in der Leitung *u* den Zufluss nach dem Kessel *X* zu ge-

Fig. 19.



eigneter Zeit unterbrechen. Der Inhalt des Kessels *X* wird durch die Rohrleitung *q* am Ende einer Charge nach dem Kessel *B* abgelassen. Die Rohrleitung *r* führt die im Dephlegmator condensirten Wasserdämpfe nach dem Kessel *B*. Die übrige Einrichtung des Apparates ist genau dieselbe, wie die in Fig. 18 beschriebene.

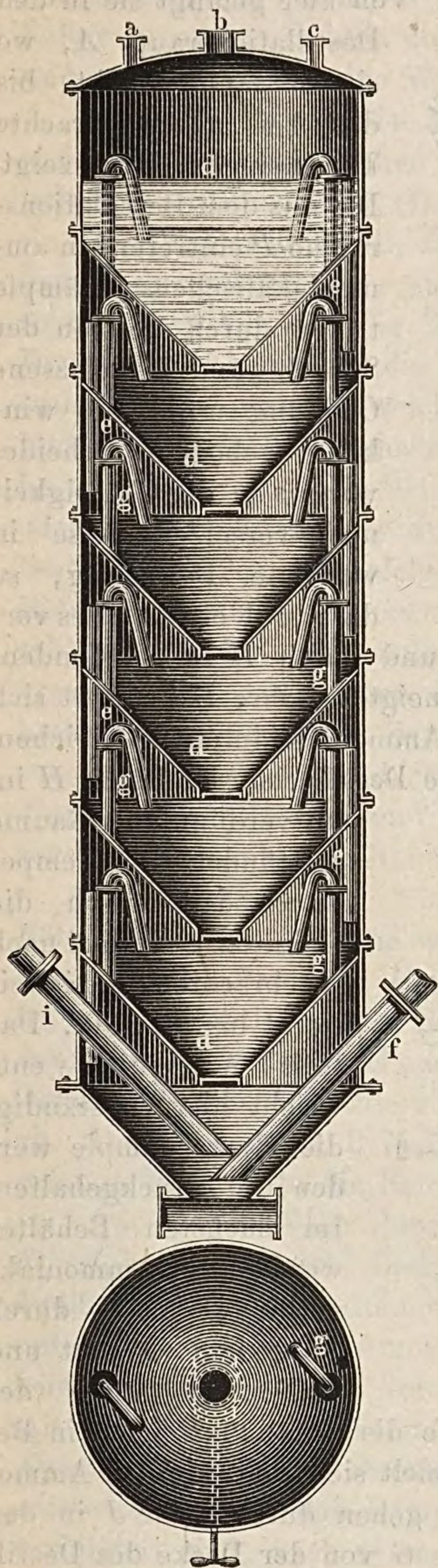
Von Rube, Engelke und Krause in Trotha ist folgender continuirlicher Apparat zur Zersetzung von Ammoniaksalzlösungen mittelst Kalk oder Magnesia construiert (D. R.-P. 15 770, Fig. 20).

Während durch den Stutzen *a* die Ammoniaksalzlösung in die oberste Abtheilung *d* des Apparates einfließt, tritt durch den Stutzen *c* die entsprechende Menge Kalkmilch ein. Durch die Ueberfallrohre *e* gelangt die Flüssigkeit aus einer Abtheilung *d* in die andere. Durch Rohr *f* verlässt die von Ammoniak befreite Flüssigkeit den Apparat. Da die ammoniakarme Flüssigkeit das letzte Ammoniak nur schwierig entwei-



chen lässt, so wird der gespannte Dampf durch Rohr *i* in die unterste Abtheilung *d* geleitet. Derselbe tritt durch die Rohre *g* in die höher gelegenen

Fig. 20.



Abtheilungen. Durch *b* entweicht derselbe mit dem Ammoniak. Unten in den trichterartigen Abtheilungen *d* sammelt sich der Schlamm, der durch Abziehen von Schiebern nach unten geschafft und entfernt wird.

Moritz Honigmann in Grevenberg bei Aachen (D. R.-P. 12 889) hat sich folgenden Destillations- und Absorptionsapparat (Fig. 21, a. f. S.) patentiren lassen.

Das cylindrische Gefäss *A* besteht aus einer beliebigen Anzahl von kleinen Cylindern *a*, deren Boden nach einer horizontalen Linie *d* durchlöchert ist. Die Gase oder Dämpfe treten bei *o* in den Cylinder, gehen bei *i* durch die Löcher der verschiedenen Abtheilungen *a* und verlassen bei *n* den Cylinder *A*; gleichzeitig kann die zu destillirende Flüssigkeit bei *W* einlaufen und bei *V* austreten. Dient der Apparat zur Absorption, so tritt die nöthige Flüssigkeit bei *W* ein, durchläuft, dem Gasstrome entgegengehend, die Abtheilungen *a* und verlässt bei *V* den Apparat. Bei horizontaler Lage würden die Gase oder Dämpfe durch die Löcher *i* streichen und über die entgegenlaufende Flüssigkeit hinweggehen; neigt man aber den Cylinder *A* gegen die Horizontale, so wird das Gas in jeder Abtheilung *a* eine der Neigung des Cylinders entsprechend hohe Schicht der entgegenlaufenden Flüssigkeit durchstreichen müssen.

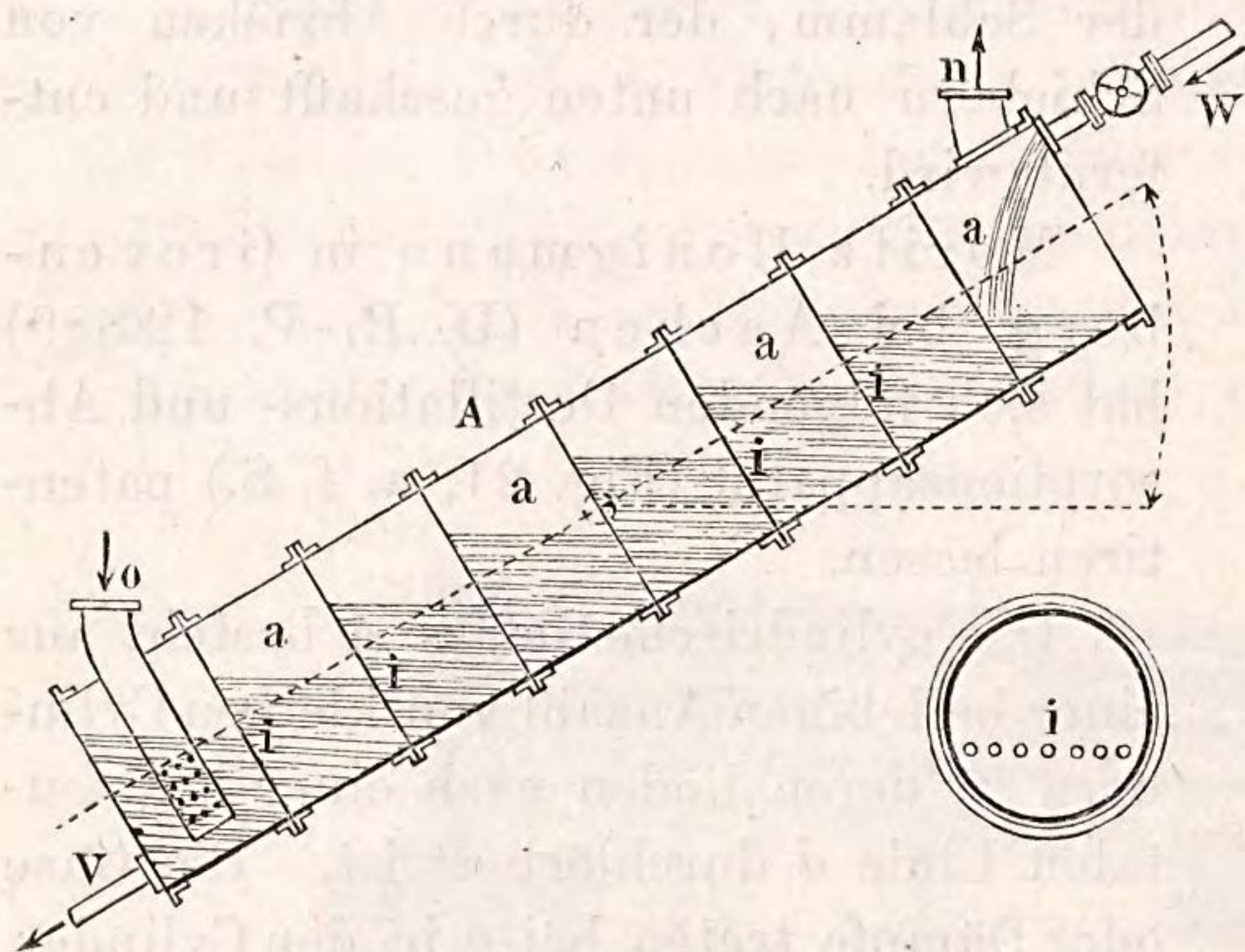
Der Apparat der *Société anonyme des produits chimiques du Sud-Ouest* in Paris (D. R.-P. 13 429) ist in Fig. 22 (a. f. S.) dargestellt.

Die in dem Behälter *B*, durch welchen die von den Destillationsproducten durchstrichene ovale Condensationsröhre *C* geht, bis auf etwa  $30^{\circ}$  vorgewärmte, ammoniakhaltige Flüssigkeit gelangt durch Rohr *r* in die ovalen Wärmeröhren, welche schlangen-



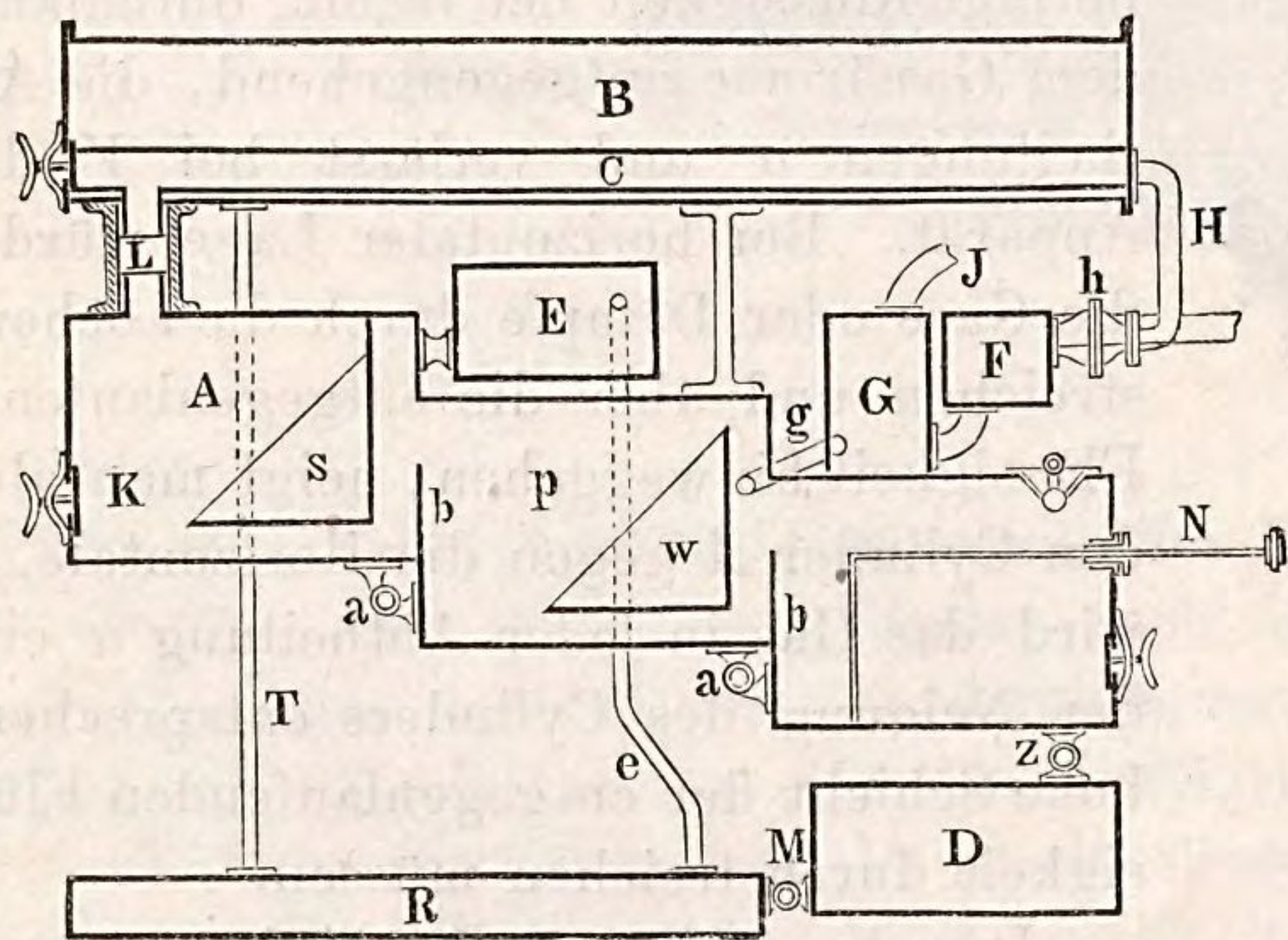
artig in dem Behälter *R* liegen. Der Ammoniakflüssigkeit entgegen fließen die aus *D* kommenden wässerigen Destillationsrückstände, worauf die hierdurch auf 80 bis 90° erwärmte Ammoniakflüssigkeit durch die Röhre *e* in den Behälter *E* gedrückt wird. Von hier gelangt sie in den

Fig. 21.



Destillationsraum *A*, wo sie so lange bleibt, bis das bei *K* angebrachte Thermometer 90° zeigt. Die aus dem Destillationsraume *P* eintretenden ammoniakalischen Dämpfe treten durch die von der Scheidewand *b* gelassene Oeffnung unter die winkelig gebogene Scheidewand *s* in die Flüssigkeit und versetzen diese in wallende Bewegung, so dass in *A* etwa  $\frac{4}{5}$  des vorhandenen Ammoniaks abdestillirt werden und durch *L* in die Condensationsröhre *C* treten. An der abwärts geneigten Röhre *H* befindet sich ein Ventil *h*, welches die überschüssigen Ammoniakdämpfe entweichen, Luft aber nicht eintreten lässt, so dass die Destillation im Rohre *H* im

Fig. 22.



luftverdünnten Raume stattfindet. Die Temperatur der durch die Hahnröhre *a* aus *A* nach *P* gebrachten Flüssigkeit steigt bis auf 100°. Das freie Ammoniak entweicht hier vollständig, die Wasserdämpfe werden in *A* zurückgehalten. Im nächsten Behälter werden die Ammoniakverbindungen durch Kalkmilch zersetzt und halten in Folge der

Scheidewand *w* die entweichenden Dämpfe die Flüssigkeit in *P* in Bewegung. In den Behältern *F* und *G* sammelt sich concentrirtes Ammoniakwasser; überschüssige Ammoniakgase gehen durch Rohr *J* in den Säurebehälter. Da der Boden des Gefäßes *G* von der Decke des Destillationsraumes *R* gebildet ist, so wird hier Ammoniak entwickelt, welches durch Rohr *J* ebenfalls in den Säurebehälter geht, während das von Ammoniak befreite Wasser durch die kleine Röhre *g* in den Raum *P*



fließt. Die Rückstände aus dem Destillationsraume gelangen durch das Hahnrohr *Z* in das Absetzgefäß *D*, wobei der Kalk mittelst des federnden Schabers *N* aufgerührt wird. Nachdem derselbe sich hier abgesetzt hat, strömt das warme Wasser durch Hahn *M* nach *R*, der diesen Behälter in ovalen Röhren durchfließenden Ammoniakflüssigkeit entgegen und giebt an diese seine Wärme ab.

Claude Brison in Mâcon hat sich folgenden Apparat (Fig. 23, a. f. S.) zur continuirlichen Destillation von ammoniakhaltigen Flüssigkeiten patentiren lassen (D. R. P. 34 030).

Es zeigt: Fig. 23 die allgemeine Anordnung des Apparates; Fig. 23a den Längenschnitt einer zugehörigen Retorte; Fig. 23 b einen Verticalschnitt nach *X-Y* und Fig. 23 c einen Verticalschnitt nach *V-U*, Fig. 23 a. Den wesentlichen Theil des Apparates bildet ein Ofen *A* mit einer oder mehreren Retorten *B*, welche von einem Feuerraum *C* beheizt werden und aus Guss-, Schmiedeeisen, Thon oder anderem passendem Material bestehen können. Jede Retorte enthält in ihrem Inneren am Boden eine oder mehrere Rippen, wodurch die Flüssigkeit gezwungen wird, einen bestimmten Weg zu verfolgen bzw. zu circuliren. Ausserdem ist jede Retorte mit einem oder zwei Köpfen ausgerüstet, welche ausser mit verschliessbaren Reinigungsöffnungen mit drei Rohrausschlüssen *E R* und *F* versehen sind, von denen der erstgenannte zur Einführung der zu behandelnden Flüssigkeit, der zweite zur Einführung von Kalk oder einem sonstigen Reagens und der dritte für den Austritt der neutralen Wässer dient. Jeder Retortenkopf enthält eine Scheidewand, welche die Fortsetzung der Rippe der Retorte bildet.

Die zu behandelnde Flüssigkeit wird mittelst einer Pumpe in einen Behälter *L* befördert, von welchem sie durch das Rohr *M*, den Regulirhahn *P*, den Scrubber *K* und das Rohr *E* in die Retorte *B* gelangt. Hier fließt sie in dünner Schicht um die Rippe am Boden und tritt sodann durch die Röhre *F* aus, welche in das Gefäß *G* taucht. Ist dieses Gefäß voll, so fließt die Flüssigkeit durch das Ueberlaufrohr nach *H* ab. Das Reagens (z. B. Kalkmilch) befindet sich in dem Behälter *O* und gelangt durch *R* in die Retorte.

Auf ihrem Wege durch die Retorte geräth die zu behandelnde Flüssigkeit ins Sieden. Dadurch wird zunächst das in ihr in Lösung befindliche kohlensaure Ammoniak frei, während die nicht flüchtigen Salze unter Entbindung des Ammoniaks zersetzt werden, wenn die Flüssigkeit beim Austritt aus der Retorte im Retortenkopf bzw. in der Röhre *F* mit der Kalkmilch zusammentrifft. Die in das Gefäß *G* gelangenden Abwässer sind sonach vollständig ammoniakfrei. Da die in der Retorte entwickelten Gase und Dämpfe durch den Wasserverschluss der Röhre *F* verhindert sind, nach *G* zu entweichen, so nehmen sie ihren Weg der Flüssigkeit entgegen durch das Rohr *E* nach dem unteren Ende des Scrubbers *K* und steigen in letzterem durch eine Anzahl von metallenen Sieben aufwärts, um durch das Bleirohr *S* in die Schwefelsäure im Re-



servoir *J* auszumünden. Auf diesem Wege condensiren sich die Wasserdämpfe, so dass das Ammoniak und das kohlensaure Ammoniak beinahe trocken in der Schwefelsäure ankommen.

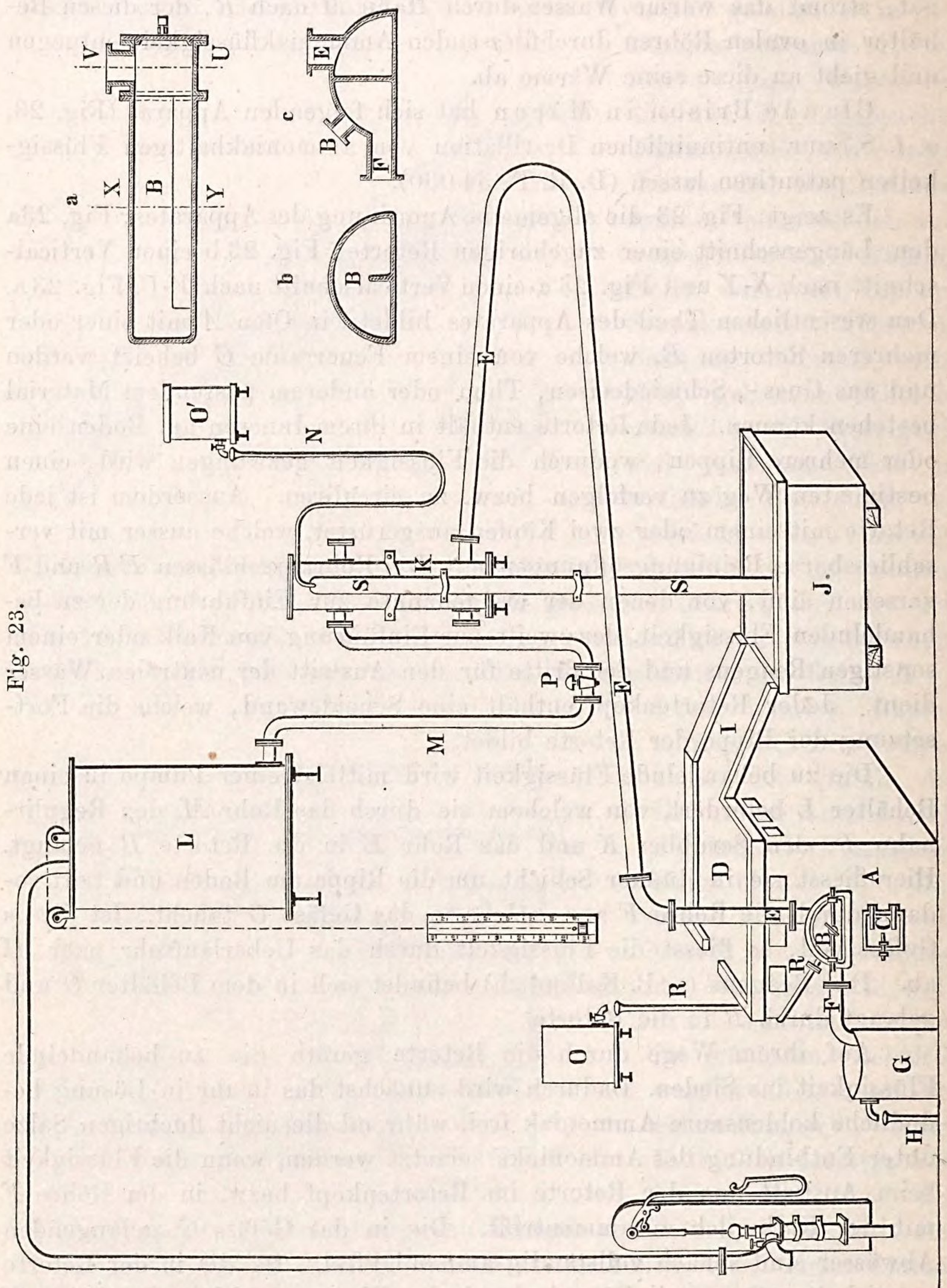


Fig. 23.

Um die Krystallisation des kohlensauren Ammoniaks in dem Rohr *S* zu verhindern, empfiehlt sich, in dieses Rohr aus dem Behälter *O'* mittelst Röhre *N* tropfenweise Schwefelsäure einzuführen. Wenn die Operation beendigt ist, so ist die Schwefelsäure in *J* in schwefelsaures



Ammoniak übergeführt. Die teigige Masse wird sodann mit einer hölzernen Schaufel auf das Abtropfbrett I geworfen, von wo sie zum Trocknen auf den als Trockner ausgebildeten oberen Theil *D* des Ofens gebracht wird.

Bei seiner Entfernung aus dem Reservoir *J* wird das Salz durch frische Schwefelsäure ersetzt, so dass der Process von Neuem beginnen kann.

Der beschriebene Apparat kann zur Fabrikation von allerlei Ammoniakpräparaten benutzt werden. Bei der Darstellung von Ammoniakwasser bewirkt man die Beimischung von Kalk schon im Behälter *L*, um durch vorhergehende Zersetzung durch Kalk die Entwicklung des kohlensauren Ammoniaks zu verhüten.

Wie schon eingangs erwähnt, sind es gegenwärtig zwei Apparate für continuirlichen Betrieb, welche sich den Rang streitig machen.

Beide Apparate beruhen auf demselben Princip, beide sind wohl gleich gut und beide arbeiten vorzüglich, so dass wohl alle anderen Constructionen weniger in der heutigen Industrie in Frage kommen. Es sind dies der Apparat von Dr. A. Feldmann in Bremen und der Apparat von Dr. Grüneberg und Dir. Blum in Cöln resp. Berlin.

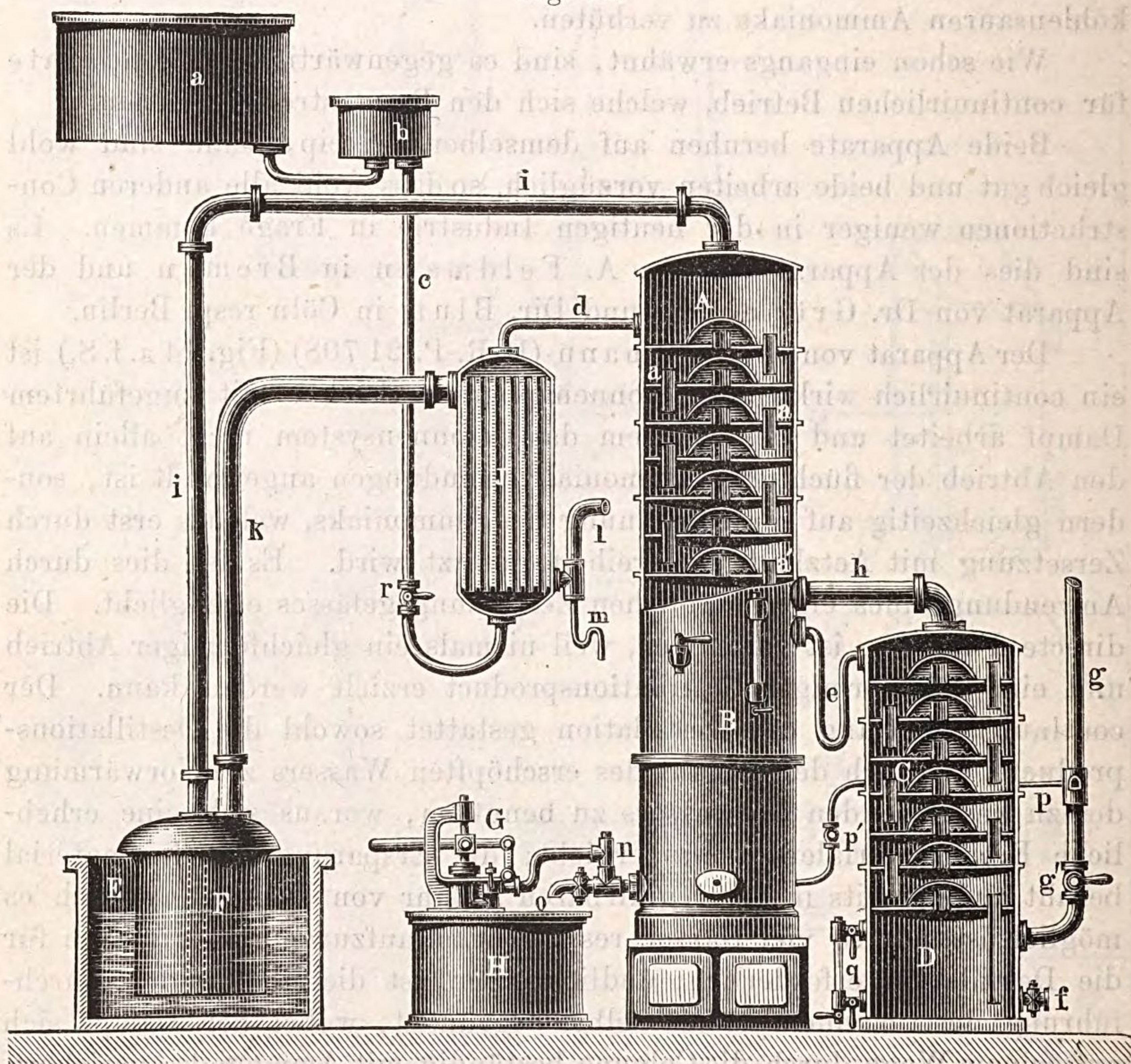
Der Apparat von Dr. Feldmann (D. R.-P. 21 708) (Fig. 24 a. f. S.) ist ein continuirlich wirkender Colonnenapparat, welcher mit zugeführtem Dampf arbeitet und bei welchem das Colonnensystem nicht allein auf den Abtrieb der flüchtigen Ammoniakverbindungen angewandt ist, sondern gleichzeitig auf die Gewinnung des Ammoniaks, welches erst durch Zersetzung mit Aetzkalk in Freiheit gesetzt wird. Es ist dies durch Anwendung eines eigenthümlichen Zersetzungsgefässes ermöglicht. Die directe Feuerung ist vermieden, weil niemals ein gleichförmiger Abtrieb und ein gleichförmiges Destillationsproduct erzielt werden kann. Der continuirliche Gang der Destillation gestattet sowohl die Destillationsproducte, als auch den Ablauf des erschöpften Wassers zur Vorwärmung des zu destillirenden Gaswassers zu benutzen, woraus sich eine erhebliche Brennmaterialersparniss ergibt; die Ersparung an Heizmaterial beruht andererseits in der regulirbaren Zufuhr von Dampf, wodurch es möglich ist, nur so viel Dampf, resp. Wärme aufzuwenden, als eben für die Destillation erforderlich; endlich aber ist dieselbe in der Durchführung des Colonnensystems selbst begründet, wobei der Dampf sich auf seinem Wege durch die Colonne beständig mit Ammoniak anreichert, während die ihm entgegenfliessende Ammoniakflüssigkeit daran beständig ärmer wird und schliesslich ammoniakfrei den Apparat verlässt.

Man hat es hierbei ganz in der Hand, ein schwächeres oder stärkeres Destillationsproduct zu erzielen, und ist der Ablauf nicht vollständig ammoniakfrei, so genügt ein weiteres Oeffnen des Dampfventils, um dies zu erreichen. Jede einzelne Kammer der Colonne stellt eine kleine Blase dar, in welcher das eintretende Destillationsproduct rectificirt wird. Es wird dadurch ein Product mit einem relativ geringen Gehalt an Wasserdampf gewonnen.



Der Apparat besteht aus der Colonne *A*, dem Zersetzungsgefäß *B* und der Nebencolonne *C*. In seiner Anwendung zur Darstellung von schwefelsaurem Ammoniak functionirt derselbe folgendermaassen: Das Gaswasser gelangt aus dem Bassin *a* in das Schwimmkugelgefäß *b*, welches den Zweck hat, einen ganz gleichmässigen Umlauf in die Colonne zu bewirken, von hier durch das Rohr *c* in das Röhrensystem des Vorwärmers *J* und tritt darauf durch *d* in die oberste Kammer der Colonne *A*. Von hier gelangt dasselbe durch Ueberlaufrohre *a* von Kammer zu Kammer, wird in jeder derselben durch den unter der Glocke austreten-

Fig. 24.



den Dampf aufgeköcht und gelangt, von allen flüchtigen Ammoniakverbindungen befreit, durch ein langes Ueberlaufrohr *a*<sub>1</sub> bis fast auf den Boden des Zersetzungsgefäßes *B*. In dieses wird in Zwischenräumen durch die Pumpe *G* Kalkmilch eingeführt, um die vorhandenen fixen Ammoniakverbindungen zu zersetzen, während durch eine besondere eigenartige Dampfeinströmung *p* das eintretende Gaswasser beständig mit der Kalkmilch vermischt wird. Diese Dampfeinströmung wird so regulirt, dass das zersetzte Gaswasser bei der Höhe des Gefäßes *B* und unter Mitwirkung eines darin angebrachten Siebbodens, um die Wallun-



gen zu brechen, vom überschüssigen Kalk befreit und geklärt, durch das gebogene Ueberlaufrohr *e* in die Nebencolonne *C* überläuft. In den einzelnen Kammern dieser Colonne wird das gebildete Aetzammoniak abgetrieben, das erschöpfte Wasser sammelt sich in der Abtheilung *D* und läuft von hier durch den Hahn *f*, welcher nach dem Niveauanzeiger *q* eingestellt wird, continuirlich ab.

Der für die Destillation nothwendige Dampf tritt durch das Rohr *g* zunächst in die Colonne *C*, hat den Flüssigkeitsstand in sämtlichen Kammern zu passiren, gelangt durch das Uebergangrohr *h* durch *B* in die Colonne *A*, passirt hier wieder alle Kammern, verlässt, mit dem gesamten Ammoniak beladen, durch das Abgangsrohr *i* die Colonne und tritt unter der Bleiglocke *F* in die Schwefelsäure des offenen Bleikastens *E*. Das Ammoniak wird von der Schwefelsäure gebunden, die nicht absorbirten Gase, wie Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und andere übelriechende Körper, bleiben mit Wasserdampf unter der Glocke, wie unter einem Gasometer eingeschlossen und werden durch das Abgangsrohr *k* in den Vorwärmer *J* geführt. Hier werden die Wasserdämpfe durch das in einem Rohrsystem sich befindende vorzuwärmende Gaswasser condensirt; das condensirte Wasser fliesst durch *m* ab, während die nicht condensirten Gase in irgend eine Feuerung geleitet werden, wo sie fast frei von Wasserdampf, nunmehr vollständig verbrennen.

Dieser Apparat ist auf vielen Gasfabriken und Kokereien mit Condensation eingeführt, und liefert sehr gute Resultate. Er wird in verschiedenen Grössen von 5 bis 6 cbm bis 40 cbm Durchfluss per 24 Stunden gebaut. Der Preis ist dabei ein normaler. Das Ammoniakwasser lässt sich in diesem Apparate abtreiben bis auf 1 bis 3 Theile in 100 000 Theilen, also fast ammoniakfrei.

Der Apparat nimmt einen Raum ein von 5 m Höhe, 4 m Breite und 3 m Tiefe. Die Heizfläche beträgt 0,5 qm für 1 cbm Ammoniakwasser.

Der Apparat von Dr. Grüneberg in Kalk und Director Blum in Berlin (D. R.-P. 33 320) ist in Fig. 25 (a. f. S.) dargestellt und zwar in Verbindung mit denjenigen Apparaten, welche zur Darstellung von schwefelsaurem Ammoniak dienen. *A* ist der Apparat, *B* der Vorwärmer, *C* die Kalkpumpe und *D* der Sättigungskasten. Das Gaswasser gelangt durch das Rohr *a* in den Vorwärmer und von diesem durch das Rohr *b* in die Colonne des Apparates.

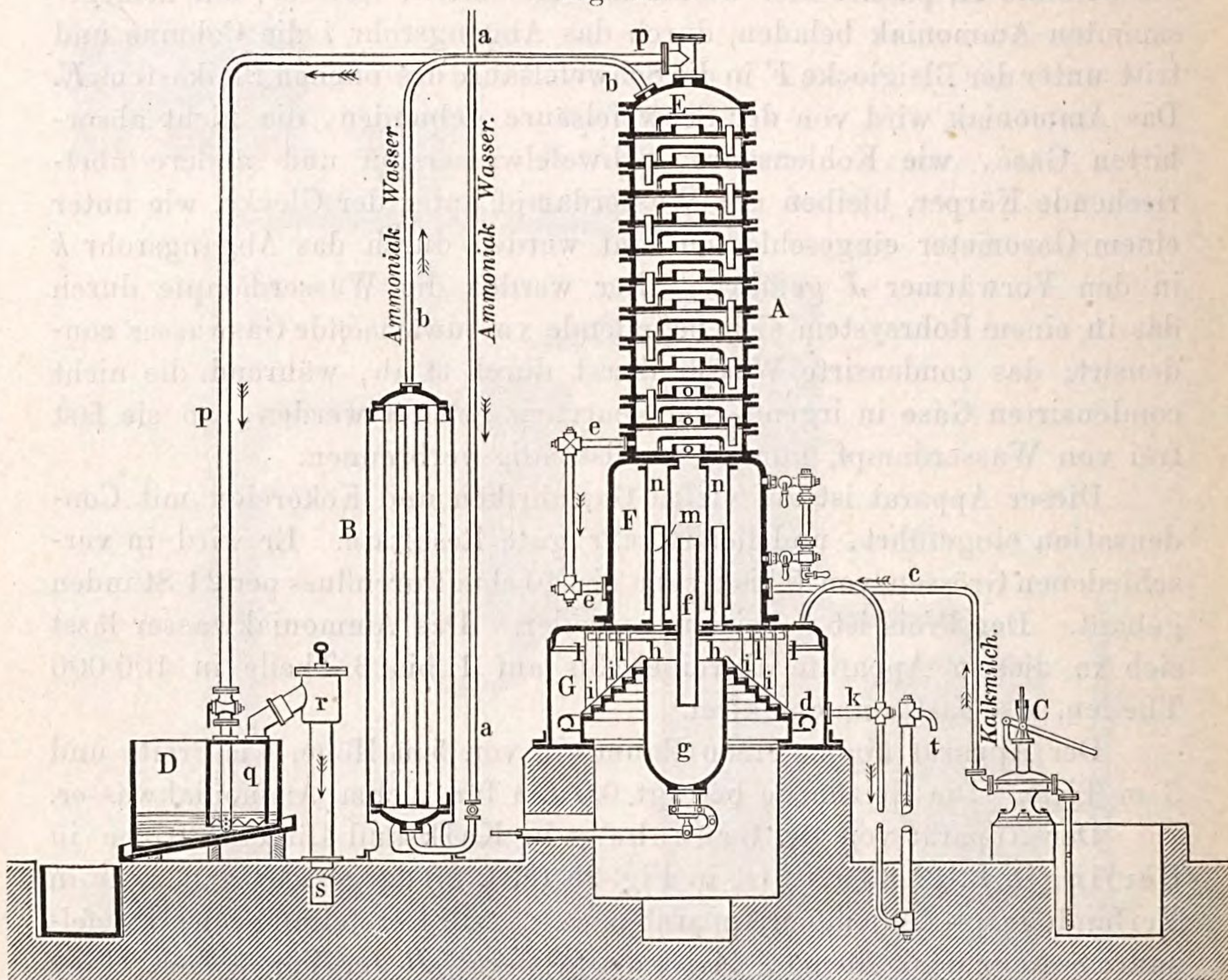
Der Apparat *A* besteht aus drei Abtheilungen, welche genau den drei Kesseln des alten Dreikesselsystems (s. S. 47) entsprechen.

Die oberen Colonnen dienen zur Austreibung des flüchtigen Ammoniaks, der Kalkkessel *F*, in welchen mittelst der Kalkpumpe *C* durch das Rohr *c* Kalk eingepumpt wird, dient zur Zersetzung der fixen Salze, also zur Austreibung des gebundenen Ammoniaks, und der Kochkessel *G*, in welchen durch die Dampfschlange *d* Dampf eingeführt wird, dient zum Kochen und zum vollständigen Abtreiben der letzten Spuren von Ammoniak.



Demgemäss gelangt das Wasser durch das Rohr *b* von Colonne zu Colonne nach der untersten Colonne und durch das Rohr *e* nach dem Kalkkessel *F* und von da durch das Rohr *f* nach dem Schlamm sack *g*, in welchem die Kalkrückstände abgesetzt und von Zeit zu Zeit durch das Ventil abgelassen werden. Aus diesem läuft das Wasser bei *h h* über und auf der Treppencolonne *i* nach abwärts, bis es abgetrieben, durch das Rohr *k* nach dem hydraulischen Abfluss *t* gelangt. Der Dampf macht den entgegengesetzten Weg. Er steigt, durch die concentrischen Ringe *l* gezwungen, an der Treppencolonne auf, geht durch die

Fig. 25.



Rohre *m* hoch und durchstreicht, durch die Schutzrohre *n* geführt, die mit Kalkmilch versetzte Flüssigkeit im Kalkkessel *F* nach abwärts. Wasser- und Ammoniakdämpfe gehen dann vereint durch *o* von Colonne zu Colonne aufwärts und verlassen den Apparat durch das Rohr *p*, welches in den mit Schwefelsäure gefüllten Sättigungskasten mündet. Die aus dem Sättigungskasten aufsteigenden übelriechenden Gase und überschüssigen Dämpfe treten unter der Glocke *q* durch das Rohr *r* aus und gelangen durch den Canal *S* nach dem Vorwärmer (die Rohrverbindung ist nicht angegeben), in welchem sie das zutretende frische Ammoniakwasser vorwärmen. Von dem Vorwärmer werden die Gase unter eine benachbarte Feuerung geführt und verbrannt.



Soll Salmiakgeist oder concentrirtes Ammoniakwasser dargestellt werden, so gehen die Gase aus dem Rohr *p* erst durch einen Rückflusskühler und dann von dort in die betreffenden Absorptionsgefässe. (Siehe unter conc. Wasser und Salmiakgeist.)

Der Apparat arbeitet continuirlich und ein Hauptvorthail desselben ist der, dass die Kalkrückstände sich nicht an die Wandungen ansetzen und Verstopfungen hervorrufen und leicht entfernt werden können.

Ein wesentlicher Vorzug besteht in der Anordnung der Treppencolonne. Es ist ersichtlich, dass das Wasser, indem es von Treppe zu Treppe gelangt, sich durch den jedesmalig grösseren Umfang der folgenden Treppe immer feiner zerstäubt, so dass es zuletzt in ganz feinen Tropfen mit dem entgegengesetzten Dampfe in Berührung kommt. Durch diese feine Vertheilung werden auch die letzten Spuren von Ammoniak ausgetrieben. Bringt man eine Vorrichtung an, um stets denselben Dampfdruck in dem Apparate zu haben, etwa durch ein Dampfeducirventil, so erfordert der Apparat fast keine Wartung, besonders da der Abfluss etc. durch den hydraulischen Abfluss stets geregelt wird und dem Apparate einen gleichmässigen Gang verleiht. Zum Bedienen des Apparates, zum Ausschöpfen des Salzes etc. ist ein Mann vollständig hinreichend. Die Apparate arbeiten ganz vorzüglich, treiben das Wasser bis zu einem Minimalgehalte von 1 bis 3 Thln. in 100 000 Thln. ab, machen es daher fast ammoniakfrei. Die Apparate werden für einen Durchfluss von 2000 bis zu 40 000 Liter pro 24 Stunden gebaut, nehmen einen sehr kleinen, aber ziemlich hohen Raum ein. Preis normal.

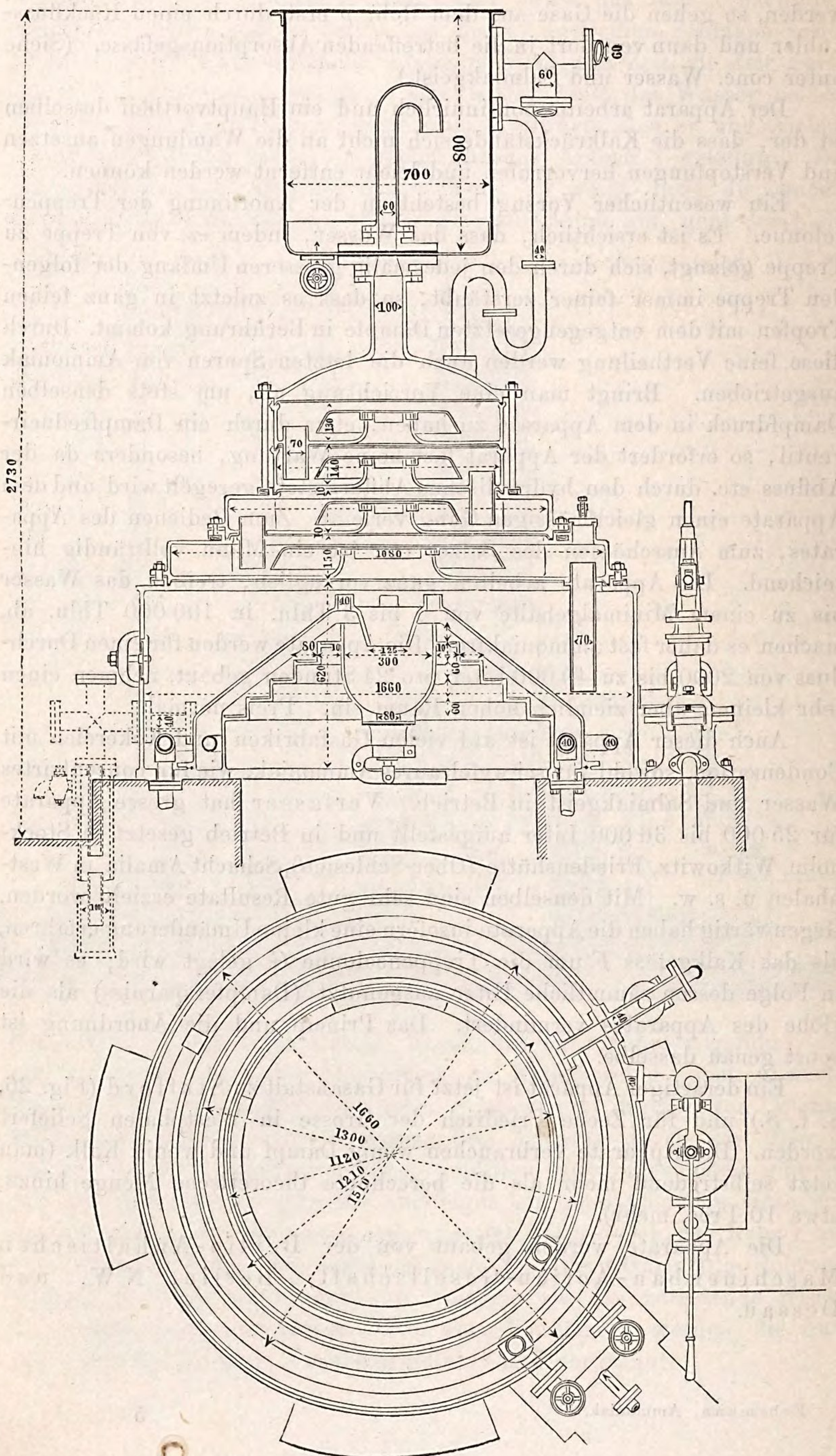
Auch dieser Apparat ist auf vielen Gasfabriken und Kokereien mit Condensation, sowohl für schwefelsaures Ammoniak, wie für concentrirtes Wasser und Salmiakgeist in Betrieb. Verfasser hat grosse Apparate für 25 000 bis 36 000 Liter aufgestellt und in Betrieb gesetzt in Stockholm, Witkowitz, Friedenshütte (Ober-Schlesien), Schacht Amalia in Westphalen u. s. w. Mit denselben sind sehr gute Resultate erzielt worden. Gegenwärtig haben die Apparate insofern eine kleine Umänderung erfahren, als das Kalkgefäss *F* um die Treppencolonne *G* gelegt wird; es wird in Folge dessen sämmtliche Hitze ausgenutzt (Dampfersparniss) als die Höhe des Apparates vermindert. Das Princip und die Anordnung ist sonst genau dasselbe.

Ein derartiger Apparat ist jetzt für Gasanstalt zu Stafford (Fig. 26, a. f. S.) und für Zeche Friedrich der Grosse in Westphalen geliefert worden. Die Apparate verbrauchen wenig Dampf und wenig Kalk (man setzt selbstredend mehr als die berechnete theoretische Menge hinzu, etwa 10 Proc. mehr).

Die Apparate werden gebaut von der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Actien-Gesellschaft, Berlin, NW, und Dessau.



Fig. 26.





Zu diesen beiden Apparaten gesellt sich ein dritter, der befähigt sein soll, die Concurrenz mit dem Grüneberg-Blum'schen und dem Feldmann'schen Apparat auszuhalten.

Er ist von F. Pampe construirt und wird von der Halle'schen Maschinen-Fabrik und Eisengiesserei gebaut und zwar in Grössen bis zu 10 000 Liter Durchfluss in der Stunde.

Dieser Apparat (Fig. 27, a. f. S.) besteht in seinen Haupttheilen aus der unteren Destillationscolonne *A* mit der Einrichtung zur Abscheidung des Kalkschlammes *B*, der oberen Colonne *C* mit dem darüber montirten Vorwärmer *D*, der seitlichen Colonne *E* mit der selbstthätigen Abführung *H* des von Ammoniak befreiten Wassers und endlich dem Dampfdruckregulator *F* und *G*.

Das Ammoniakwasser wird von einem Reservoir unter constantem Druck, also in stets gleicher Menge, dem Vorwärmer *D* zugeführt, fliesst aus diesem durch die Rohrleitung *a* in die Destillationscolonne darunter und mischt sich dabei mit der durch eine kleine Druckpumpe in entsprechender Menge zugeführten Kalkmilch. Das Gemisch beider vertheilt sich auf der Oberfläche einer Anzahl vertiefter und kegelförmig erhöhter Böden, von denen die vertieften Böden am inneren Rande, die erhöhten am äusseren Rande mit Zacken versehen sind, um die Vertheilung der Flüssigkeit zu erleichtern. Durch die von unten aufsteigenden heissen Dämpfe und Gase wird die Flüssigkeit allmählich bis zu der Grenze, bei der die Zersetzung der Ammoniaksalze erfolgt, und das Ammoniak in den Gaszustand übergeht, geführt.

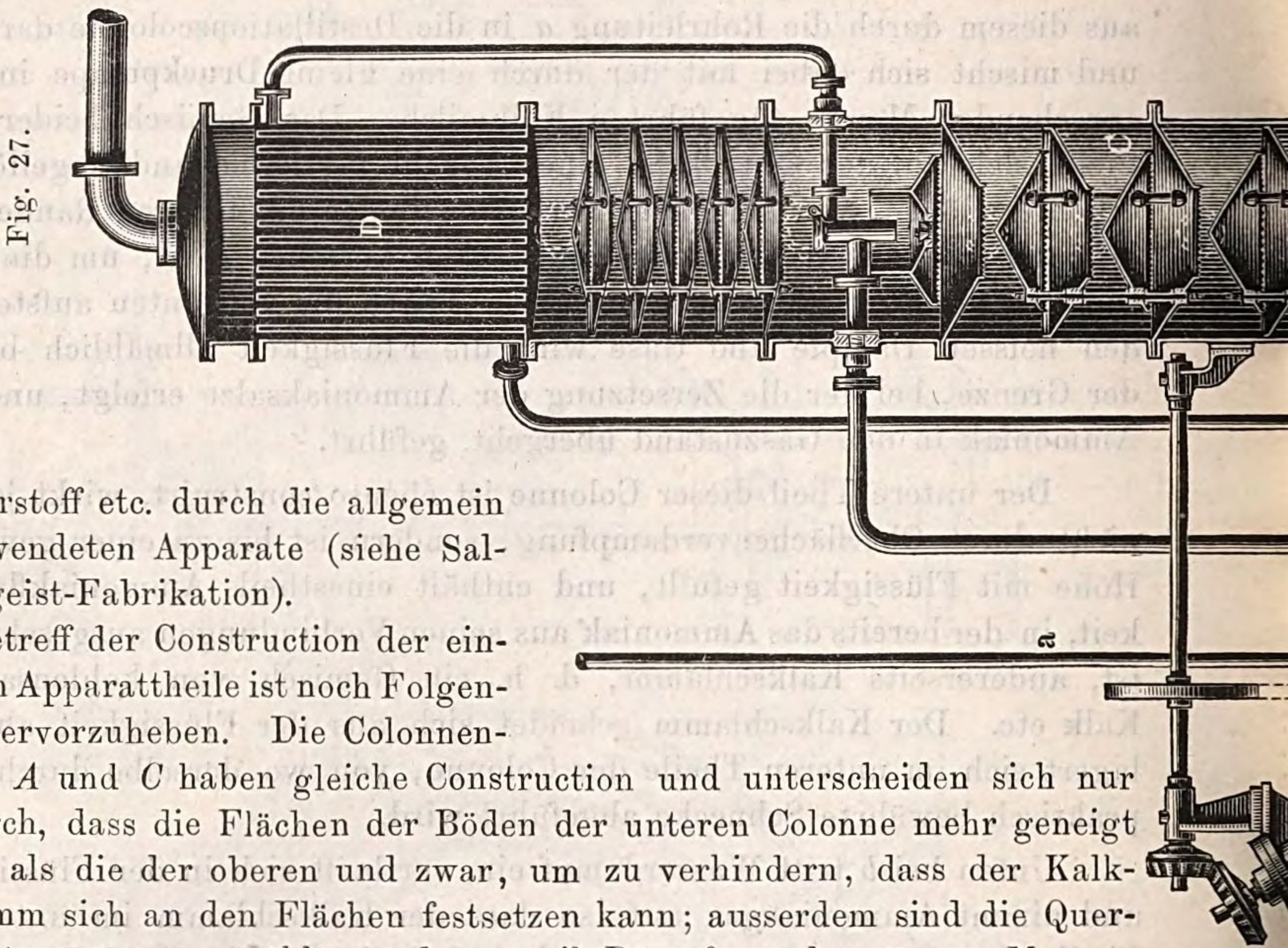
Der untere Theil dieser Colonne ist ebenso construirt, wirkt jedoch nicht durch Oberflächenverdampfung, sondern ist bis zu einer gewissen Höhe mit Flüssigkeit gefüllt, und enthält einestheils Ammoniakflüssigkeit, in der bereits das Ammoniak aus seinen Verbindungen ausgeschieden ist, andererseits Kalkschlamm, d. h. ein Gemisch von kohlensaurem Kalk etc. Der Kalkschlamm scheidet sich aus der Flüssigkeit ab und lagert sich im unteren Theile der Colonne, von wo derselbe durch eine praktisch bewährte Schnecke abgeführt wird.

Unten bei *b* tritt Wasserdampf ein, vertheilt sich in der Flüssigkeit und nimmt Ammoniakgas auf, so dass der Kalkschlamm im untersten Theile der Colonne von Ammoniak befreit ist. Die Vertheilung des Dampfes ist besonders in dem oberen Theile der mit Flüssigkeit gefüllten Colonne eine äusserst ruhige, so dass die klare Flüssigkeit sich vom Kalk abscheiden kann; sie fliesst über den Rand des Trichters *c* in die seitliche Colonne *E*. Im oberen Theile von *E* ist ein ringförmiger Raum *d*, in welchem die Flüssigkeit kurze Zeit der Ruhe überlassen bleibt, so dass die Kalktheilchen, welche dieselbe mitgeführt haben sollte, sich absetzen können. Die geklärte Ammoniakflüssigkeit fliesst darauf durch die mit Glocken und Ueberlaufrohre versehenen Abtheilungen der Destillationscolonne *E*, wird vollständig von Ammoniak befreit, und dann



durch eine bewährte selbstthätig wirkende Vorrichtung in den Abflusscanal abgeführt.

Das in *E* und *A* entwickelte Gemisch von Ammoniakgas und Wasserdämpfen etc. strömt durch *C*, und gelangt schliesslich in den Vorwärmer *D*. Derselbe ist nach Art der Röhrencondensatoren construirt. In dem die Röhren umhüllenden Mantel desselben befindet sich das zu erwärmende Gaswasser, während sich innerhalb der Rohre das Ammoniakgas aufwärts bewegt. Infolge der Montirung des Vorwärmers über der Colonne *C* wirkt derselbe als Rückflusskühler, bewirkt also, dass das Ammoniakgas wesentlich mehr gereinigt wird. Von *D* strömt das Ammoniakgas nach der Sättigungseinrichtung, wenn schwefelsaures Ammoniak hergestellt werden soll. Ist dagegen beabsichtigt, Salmiakgeist für Eisfabrikation etc. zu erzeugen, dann erfolgt vorher noch eine Reinigung von empyreumatischen Stoffen und von Schwefel-



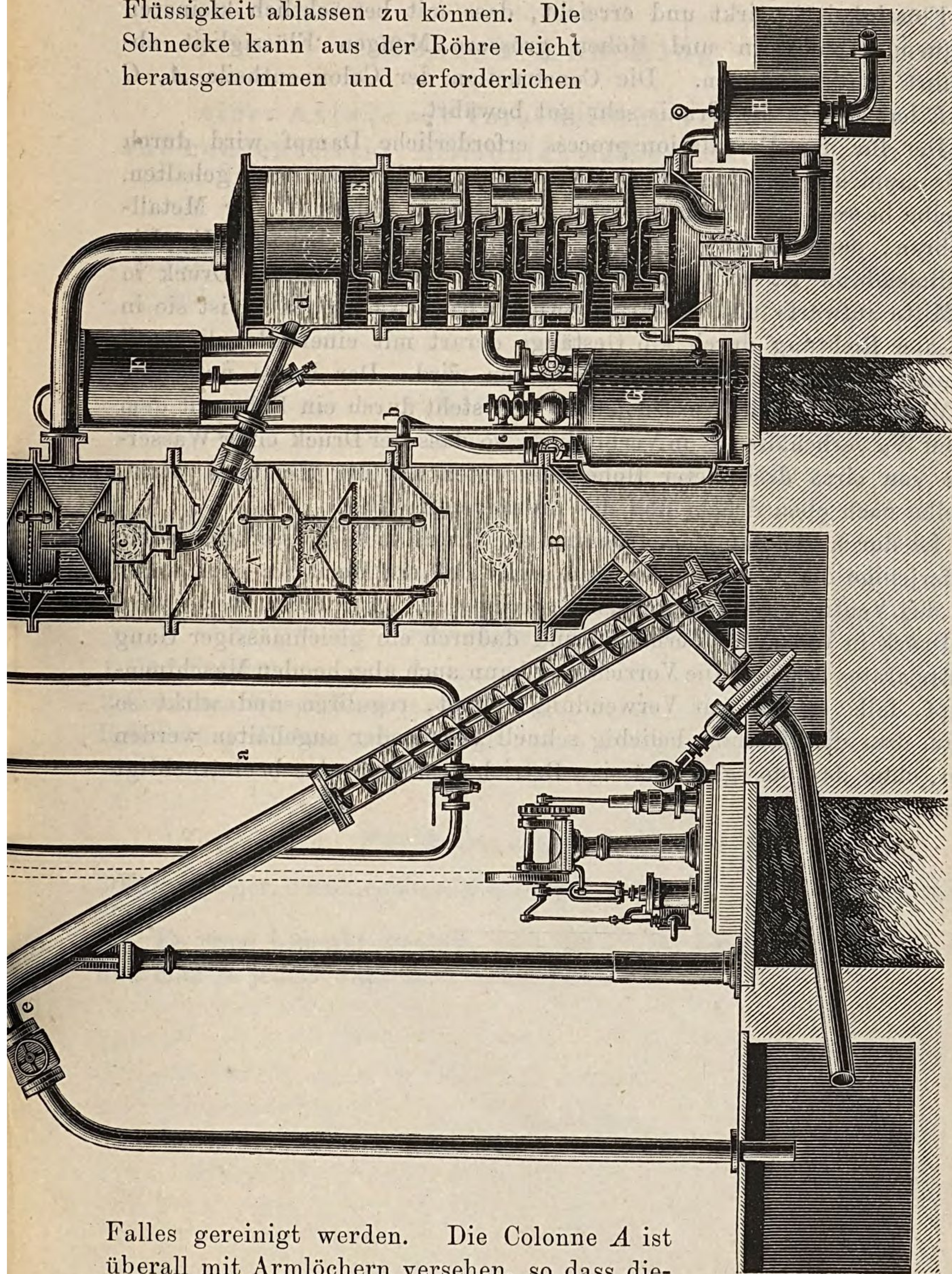
wasserstoff etc. durch die allgemein angewendeten Apparate (siehe Salmiakgeist-Fabrikation).

Betreff der Construction der einzelnen Apparattheile ist noch Folgendes hervorzuheben. Die Colonnentheile *A* und *C* haben gleiche Construction und unterscheiden sich nur dadurch, dass die Flächen der Böden der unteren Colonne mehr geneigt sind, als die der oberen und zwar, um zu verhindern, dass der Kalkschlamm sich an den Flächen festsetzen kann; ausserdem sind die Querschnitte grösser gewählt worden, weil Dämpfe und grössere Mengen Flüssigkeit gegen einander strömen, und daher Anstauungen verhütet werden müssen. Ueber die Böden der Colonne *C* fliesst nur die geringe Menge Flüssigkeit, welche im Vorwärmer ausgeschieden wird, vor allem keine Kalkmilch; es genügt daher ein wesentlich geringerer Querschnitt.

Die Vorrichtung *B* zur Abführung des Kalkschlammes ist auch im Schnitt dargestellt, und besteht aus einer geneigt aufgestellten cylindrischen Röhre, in der eine Schnecke bewegt wird. Durch die Wirkung dieser Schnecken wird der Kalkschlamm hoch geführt und gleichzeitig von der dünnen Flüssigkeit abgeschieden. Der dicke Kalkbrei wird



oben bei *e* herausgedrückt und von dort weiter abgeleitet. An dieser Vorrichtung ist unten auch noch ein Schieberventil *f* angebracht, um am Schlusse des Betriebes die ganze Flüssigkeit ablassen zu können. Die Schnecke kann aus der Röhre leicht herausgenommen und erforderlichen



Falles gereinigt werden. Die Colonne *A* ist überall mit Armlöchern versehen, so dass dieselbe innerhalb leicht zu reinigen ist. Die Construction der Colonne *E* unterscheidet sich von der sonst gebräuchlichen Glockencolonne dadurch, dass die Ueberlaufrohre so beschaffen



sind, dass auch bei grösserer Geschwindigkeit des durchströmenden Dampfes der Abfluss durch dieselben nicht behindert wird. Durch die grössere Geschwindigkeit wird eine bessere Mischung zwischen Dampf und Flüssigkeit bewirkt und erreicht, dass mit beträchtlich kleineren Colonnendurchmessern und Höhen grössere Mengen Flüssigkeit abdestillirt werden können. Die Construction der Colonnentheile *A*, *C* und *E* hat sich in der Praxis sehr gut bewährt.

Der für den Destillationsprocess erforderliche Dampf wird durch den Dampfdruck-Regulator *F*, *G* auf absolut gleicher Spannung gehalten. Derselbe besteht aus einem unteren gusseisernen Gefäss *G*, der Metallmembran, dem Regulirventil und dem oberen Wasserbehälter *F*. Die Metallmembran ist so beschaffen, dass sie durch geringsten Druck in der Mitte aufwärts und abwärts bewegt wird. Nach oben zu ist sie in verticaler Richtung durch ein Gestänge derart mit einem Regulirventil verbunden, dass jede Reibung vermieden wird. Der Raum unterhalb der Membran ist mit Wasser gefüllt und steht durch ein Rohr mit dem oberen Wasserbehälter *F* in Verbindung, so dass der Druck einer Wassersäule von circa drei Meter Höhe von unten auf die Membran wirkt, dieselbe nach oben drückt und das Dampfventil öffnet.

Ist durch die Dampfeinströmung der Druck in *G* grösser geworden, als derjenige der Wassersäule, dann senkt sich die Membran nach unten und das Ventil wird entsprechend geschlossen. Auf diese Weise wird der Druck in *G* constant erhalten und dadurch ein gleichmässiger Gang des Apparates erzielt. Die Vorrichtung kann auch abgehenden Maschinen-dampf, falls solcher zur Verwendung kommt, reguliren und wirkt so genau, dass die Maschine beliebig schnell gehen oder angehalten werden kann, ohne dass der gleichmässige Betrieb des Apparates beeinträchtigt wird.



## Kosten-Anschlag

einer Anlage zur Verarbeitung von Gaswasser  
auf concentrirtes Ammoniakwasser, Salmiakgeist und  
schwefelsaures Ammoniak.

Mark

1 Destillationsapparat für 10 000 Liter Durchfluss in 24 Stunden,  
incl. Kalkpumpe und Leitung . . . . . 4000

## Einrichtung.

## a. Für schwefelsaures Ammoniak.

Bleikasten, Glocke und Leitungen . . . . . 1000

b. Für concentrirtes Ammoniakwasser (15 Proc.  $\text{NH}_3$ ).

1 Rückflussskühler . . . . . 1000

2 Condensationsgefäße . . . . . 2500

Rohrleitung, Hähne und Montage . . . . . 750

## c. Für Salmiakgeist (Eisgeist).

3 Kalkwäscher, 6 Kohlenfilter, 2 Absorptionsgefäße, Leitungen etc. 4500

Es muss bemerkt werden, dass die Preise hoch angenommen sind  
und man in jedem Falle damit auskommt.



## Darstellungsmethoden der einzelnen Ammoniakpräparate und Bedingungen, welche als Handelswaare an dieselben gestellt werden.

Ammoniakflüssigkeit,  $\text{NH}_3$ ,

(siehe S. 7),

kurzweg Salmiakgeist, Aetzammoniak, Liquor ammonii caustici genannt.

Die Darstellung des Salmiakgeistes ist wohl von sämtlichen Ammoniakpräparaten die umständlichste. Wie wir wissen, entstehen bei der Destillation von Ammoniakwasser eine ganze Menge anderer übelriechender Gase (Schwefelwasserstoff, Kohlensäure etc.), welche der Salmiakgeistfabrikation sehr schädlich sind, weil sie von Wasser absorbiert werden. Die Darstellung des Salmiakgeistes beruht ja darauf, reines Ammoniakgas in reinem Wasser zu lösen.

Der Gang ist nun folgender. Nachdem die Gase den Destillationsapparat verlassen haben, lässt man sie durch frisch angerührte Kalkmilch in Gefässen mit Rührwerken (sogenannte Wäscher), drei bis vier hinter einander stehend, passiren; hier wird die Kohlensäure und der Schwefelwasserstoff vom Aetzkalk absorbiert. Die Gefässe sind zum Theil kesselförmig, zum Theil ähnlich den Wulff'schen Flaschen im Laboratorium, selbstredend von Eisen und von entsprechender Grösse. Die aus dem letzten Kalkwäscher austretenden Gase leitet man durch ein Gefäss mit einer Kühlschlange in sogenannte Kohlenfilter. Es sind dies eiserne Gefässe von etwa 50 cm Durchmesser und  $1\frac{1}{2}$  m Höhe, welche mit handgrossen frisch ausgeglühten Holzkohlen gefüllt sind, um dem jetzt von Schwefelwasserstoff und Kohlensäure befreiten Gase das sogenannte Empyreuma zu entziehen.

Die auf diese Weise gereinigten Gase treten nun in das Absorptionsgefäss, welches je nach Verhältniss des zu erzeugenden Salmiakgeistes mit reinem, wo möglich destillirtem Wasser gefüllt ist, welches die Eigenschaft hat, die Ammoniakgase zu absorbiren.



Es stehen gewöhnlich zwei Absorptionsgefässe neben einander, da bei zunehmender Stärke das Wasser stets einen Theil des Ammoniaks nicht absorbirt, den man in dem zweiten Gefässe auffängt. Die Absorptionsgefässe verlangen eine sehr starke Kühlung; bei hochgradigem Salmiakgeist, sogenanntem Eisgeist, sogar Eiskühlung. Aus den Absorptionsgefässen füllt man den Salmiakgeist erst in grosse Klärgefässe und dann in Ballons von Glas oder Blech. Für gutes Schliessen sämtlicher Gefässe ist zu sorgen. Die Ballons dürfen nicht zu voll gefüllt und müssen gut verkorkt und mit Siegellack vergossen, an einem kalten Orte aufbewahrt werden. Längeres Aufbewahren ist trotz aller guten Dichtung stets mit Ammoniakverlust verbunden.

Nach jeder Operation sind die Kalkwäscher von Neuem zu füllen und auch von Zeit zu Zeit die Kohlenfilter. Bevor man jedoch selbige entleert, lässt man Dampf durch die Gefässe blasen, um das noch darin befindliche Ammoniakgas zu gewinnen, denn wir haben gesehen, dass die Kohle ein grosses Absorptionsvermögen auch für Ammoniakgas hat (S. 13). Bei der Darstellung von reinem Salmiakgeist ist vor allen Dingen erforderlich, dass das Ammoniakwasser absolut theerfrei ist, da sonst bei der Destillation Theeröle mit hinübergehen, welche den Salmiakgeist färben. Es ist dies oft in der Kälte nicht zu merken und tritt die Färbung erst ein, wenn man den Salmiakgeist erwärmt.

• Ist das Ammoniakwasser nicht ganz theerfrei zu erhalten, so muss man neben den angeführten Reinigungsapparaten noch ein Gefäss mit Oel vorlegen; der Theer wird von diesem absorbirt und kann durch Erhitzen davon wieder getrennt werden.

Auf diese angegebene Darstellungsart hat Verfasser längere Zeit allen Anforderungen entsprechenden Salmiakgeist und Eisgeist dargestellt und auch Anlagen im In- und Auslande ausgeführt und in Betrieb gesetzt.

Bei continuirlichem Betriebe ist es nothwendig, dass sämtliche Gefässe doppelt vorhanden sind, damit stets zur Reinigung die benutzten ausgeschaltet werden können, ohne den Betrieb zu stören. Bei discontinuירlichem Betriebe ist dies nicht nothwendig.

An den Salmiakgeist des Handels werden folgende Anforderungen gestellt. Er soll klar und farblos sein, wenig oder gar keinen Niederschlag absetzen; möglichst frei von Empyreuma, gänzlich frei von Schwefelammonium sein.

Er wird meist verkauft nach Graden Baumé oder Beck, in Frankreich nach Graden Cartier. Der gewöhnliche Salmiakgeist des Handels hat 24<sup>0</sup> B. und wird in Deutschland nach Gehalt an Gewichtsprocent Ammoniak verkauft.

Er findet vielfache Verwendung in der Technik und ist eines der Ammoniakpräparate, die trotz der schlechten Preise ihren Standpunkt behaupten.

Weitere Darstellungsmethoden siehe Seite 87 u. f.



## Concentrirtes Ammoniakwasser.

Das concentrirte Ammoniakwasser wird einfach dargestellt, indem man die Ammoniakgase mit der dazu nöthigen Menge Dampf aus dem Destillationsapparate austreten und in einem Kühlgefässe condensiren lässt.

Bei dem Grüneberg-Blum'schen Apparat ist für concentrirtes Wasser ein Rückflusskühler angebracht, man hat es also dort ziemlich in der Hand, die Stärke zu reguliren. Ueber 18 Proc. Wasser darf man jedoch nicht gehen, da sich sonst zu viel kohlensaures Ammoniak bildet und die Rohrleitungen verstopft. Das concentrirte Wasser wird gewöhnlich nur 15 Proc. gemacht. Will man höhergradiges concentrirtes Wasser machen, also rohen Salmiakgeist, so giebt es zwei Verfahren, das eine, das der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Actien-Gesellschaft, besteht darin, dass man die Gase durch grosse Kalkwäscher mit Rührwerk treten lässt und dann condensirt. Das andere Verfahren ist Dr. Feldmann in Bremen patentirt (D. R.-P. 31237). Er versetzt in grossen Gefässen das rohe Ammoniakwasser mit der nöthigen Menge Kalkmilch, lässt einige Zeit, ca. zwei Stunden, ruhig absetzen (die Kohlensäure bindet sich dann an den Kalk) und dann die ganze Masse durch eine Filterpresse gehen; das Filtrat geht sofort in seinen Colonnenapparat, wird hier destillirt und liefert dann concentrirtes Wasser bis 26° B. Den Rückstand in der Filterpresse, aus kohlensaurem Kalk bestehend, wirft man weg.

Beide Verfahren sind sehr gut und hat ersteres vielleicht den Vorzug deshalb, weil kein Ammoniakverlust möglich ist, während bei dem Mengen des rohen Wassers mit Kalk und späterem Filtriren durch Pressen stets Ammoniak weggeht. Verfasser hatte Gelegenheit, beide Verfahren längere Zeit in Thätigkeit beobachten zu können und war das Resultat beider sehr gut.

Das concentrirte Wasser bildet eine gelbliche, klare, sehr stark nach Ammoniak und Schwefelwasserstoff riechende Flüssigkeit, die die Haut schwarz färbt und zu Geschwulsten reizt; es findet Anwendung in der Ammoniaksodafabrikation. Es kann nicht nach Grad B. verkauft werden, da die anderen Bestandtheile ebenfalls auf das Aräometer einwirken, sondern nach Procentgehalt Ammoniak (s. S. 111).

Schwefelsaures Ammoniak,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

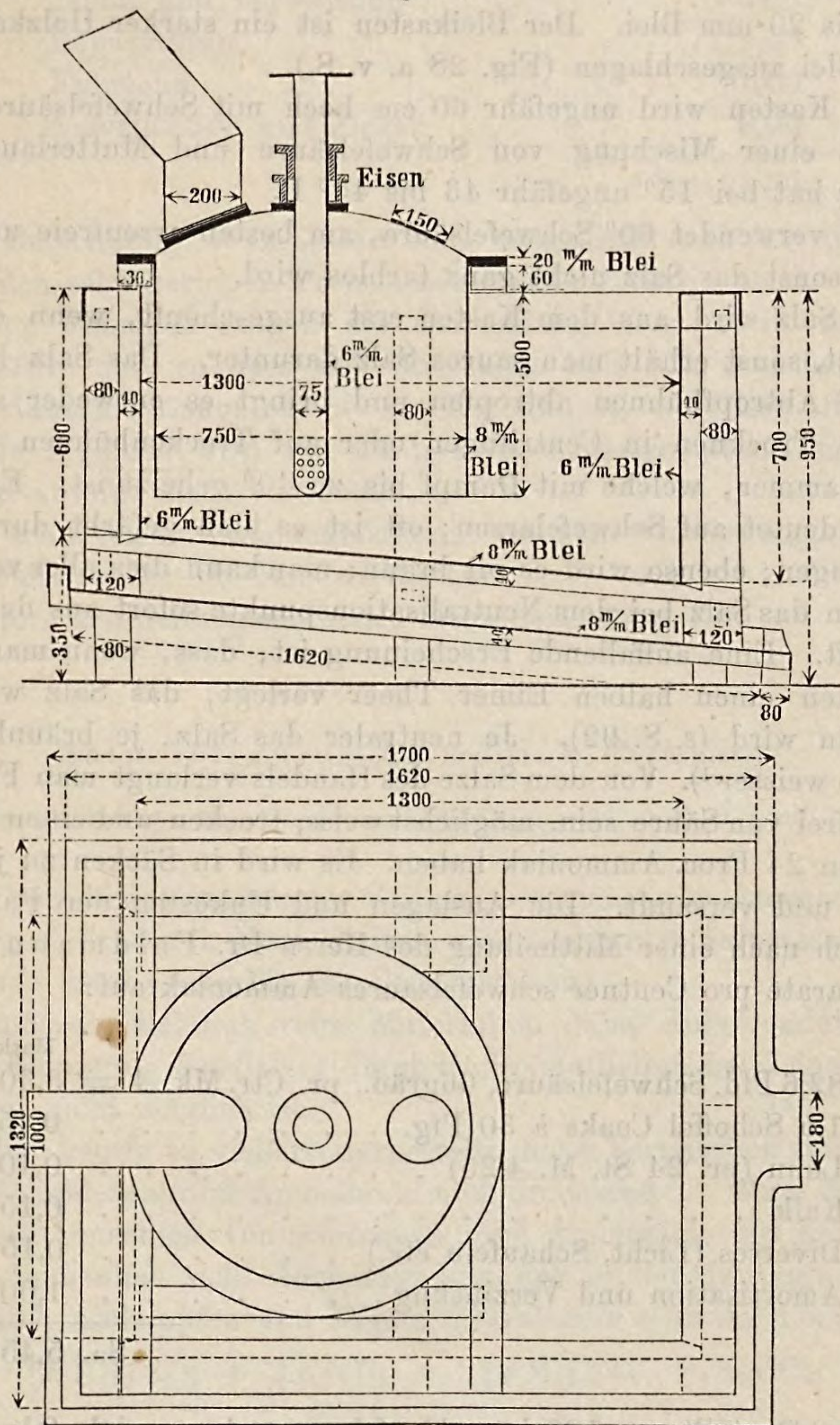
(Siehe S. 22.)

Das schwefelsaure Ammoniak ist das wohl am meisten fabricirte Ammoniakpräparat. Seine Darstellung ist denn auch die möglichst ein-



fachste, indem man die Ammoniakgase in Schwefelsäure leitet und zwar unter einer Glocke in offene Bleikasten (s. S. 63). Die Anwendung der Bleiglocke gestattet bei continuirlichem Betriebe die Anwendung eines einzigen Bleikastens, weil es jederzeit möglich ist, das ausgeschiedene

Fig. 28.



Salz aus dem offenen Bleikasten auszuschlagen und neue Säure zuzufüllen, was bei den gewöhnlichen Sättigungskasten mit geschlossenem Deckel wegen des Entweichens der anderen nicht absorbirbaren Gase möglich ist. Auch kann man bei offenem Bleikasten etwaige Unreinlichkeiten der Schwefelsäure an der Oberfläche abnehmen und selbst mit



unreiner Schwefelsäure reines Salz erzielen. Die beste Form der Bleikasten ist 1,50 m lang, 1,20 m breit, 0,75 m hoch. Die Glocke ruht auf einem, auf dem Bleikasten liegenden Holzkreuze. Das Eintauchrohr ist von Eisen mit Blei umgossen und ist durch eine Stopfbüchse mit der Glocke verbunden. Die Glocke von 0,75 bis 1 m Durchmesser besteht aus 15 bis 20 mm Blei. Der Bleikasten ist ein starker Holzkasten mit 10 mm Blei ausgeschlagen (Fig. 28 a. v. S.).

Der Kasten wird ungefähr 60 cm hoch mit Schwefelsäure gefüllt, resp. mit einer Mischung von Schwefelsäure und Mutterlauge. Die Mischung hat bei 15° ungefähr 43 bis 45° B.

Man verwendet 60° Schwefelsäure, am besten arsenfreie und eisenfreie, da sonst das Salz nicht ganz farblos wird.

Das Salz wird aus dem Kasten erst ausgeschöpft, wenn die Säure neutral ist, sonst erhält man saures Salz darunter. Das Salz lässt man dann auf Abtropfbühnen abtropfen und bringt es entweder zum vollständigen Trocknen in Centrifugen oder auf Trockenbühnen in einer Trockenkammer, welche mit Dampf bis zu 40° geheizt ist. Eine gelbe Färbung deutet auf Schwefelarsen; oft ist es blau gefärbt durch Cyanverbindungen; ebenso wird es oft braun; man kann dies alles vermeiden, wenn man das Salz bei dem Neutralisationspunkte sofort aus dem Kasten ausschöpft. Eine auffallende Erscheinung ist, dass, wenn man in den Säurekasten einen halben Eimer Theer vorlegt, das Salz wunderbar schön rein wird (s. S. 92). Je neutraler das Salz, je bräunlicher, je saurer, je weisser<sup>1)</sup>. Von dem Salze des Handels verlangt man Folgendes. Es muss frei von Säure sein, möglichst weiss, trocken und einen Minimalgehalt von 24 Proc. Ammoniak haben. Es wird in Säcken zu je 100 kg verpackt und versandt. Die Auslagen und Unkosten der Fabrikation stellen sich nach einer Mittheilung des Herrn Dr. Feldmann mit seinem Apparate pro Centner schwefelsaures Ammoniak auf:

|                                                    | Mark     |
|----------------------------------------------------|----------|
| 82,6 Pfd. Schwefelsäure, 66gräd., pr. Ctr. Mk. 4 = | 3,30     |
| 1,5 Scheffel Coaks à 30 Pfg. . . . .               | 0,45     |
| Lohn (pr. 24 St. M. 4,25) . . . . .                | 0,40     |
| Kalk . . . . .                                     | 0,15     |
| Diverses (Licht, Schaufeln etc.) . . . . .         | 0,15     |
| Amortisation und Verzinsung . . . . .              | 1,00     |
|                                                    | <hr/>    |
|                                                    | Sa. 5,45 |

Blum<sup>2)</sup> stellt pro 100 kg schwefelsaures Ammoniak folgende Betriebsunkosten auf:

<sup>1)</sup> Ueber Blaufärbung siehe S. 98. — <sup>2)</sup> Wagner's Jahresbericht 1884.



|                                           | Mark |
|-------------------------------------------|------|
| 100 kg 60 grädige Schwefelsäure . . . . . | 9,00 |
| 100 kg Kohle . . . . .                    | 1,60 |
| 20 kg Kalk . . . . .                      | 0,40 |
| Verpackung . . . . .                      | 0,50 |
| Löhne und Verwaltung . . . . .            | 3,00 |
| Reparaturen . . . . .                     | 2,00 |
| Fuhrlohn . . . . .                        | 1,00 |
| Amortisation und Zinsen . . . . .         | 6,00 |

Sa. 23,50

Die Berechnung ist im Jahre 1884 aufgestellt und für die heutige Zeit bei den sehr geringen Preisen nicht mehr recht passend.

Einige Fabriken fangen die Ammoniakgase in stark verdünnter Schwefelsäure auf, so dass sich überhaupt kein Salz ausscheidet. Sie dampfen dann die Lauge ein bis zur Krystallisation. Diese alte absolut unrentable Methode wird von Einigen noch festgehalten. Ein Grund hierfür ist absolut nicht vorhanden.

Das schwefelsaure Ammoniak findet vielfache Anwendung, besonders zu Düngemitteln für die Landwirthschaft (s. S. 103).

Weitere Darstellungsmethoden siehe Seite 87 u. f.

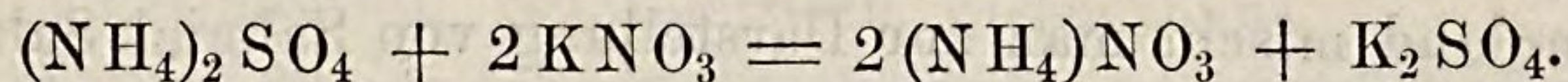
### Salpetersaures Ammoniak, $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$ .

Moleculargewicht: 160: In 100 = 21,25  $\text{NH}_3$ ; 67,50  $\text{N}_2\text{O}_5$  und 11,25  $\text{H}_2\text{O}$ .

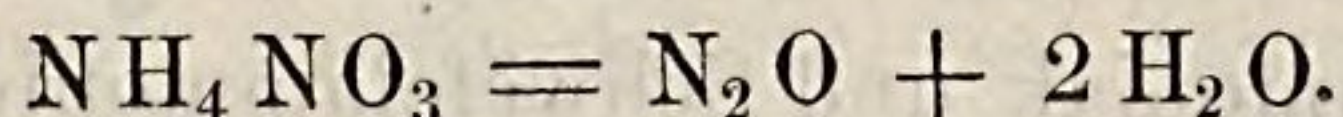
Das Salz findet in neuerer Zeit wieder mehrfache Anwendung und wird dargestellt durch Neutralisiren von verdünnter Salpetersäure und Eindampfen der Lösung bis zur Concentration.

Es müssen chemisch reine Materialien dabei angewendet werden, weil eine Reinigung des Salzes durch Umkrystallisiren bei seiner grossen Löslichkeit nicht möglich ist.

Früher wurde es vielfach dargestellt durch Vermischen von Salpetersäure mit kohlensaurem Ammoniak und Eindampfen. Man gewinnt es auch durch Umsetzen von schwefelsaurem Ammoniak mit Kalisalpeter, wobei Kaliumsulfat sich abscheidet und das in der Lösung bleibende Nitrat durch Abdampfen und Krystallisirenlassen gewonnen wird:



Es krystallisirt in sechsseitigen Pyramiden, ist in Wasser sehr leicht löslich und zieht aus der Luft sogar Feuchtigkeit an. Sein spec. Gew. ist 1,707. Es schmeckt kühlend, scharf bitter. Es zerfällt beim Erhitzen in Wasser und Stickstoffoxydul, weshalb es zu dessen Darstellung auch benutzt wird:





Es schmilzt bei  $152^{\circ}$  und zersetzt sich bei  $210^{\circ}$ .

Zwischen  $190$  und  $200^{\circ}$  sublimirt es in schönen glänzenden Krystallen. Auf Kohle geworfen verpufft es mit röthlicher Flamme (*Nitrum flammans*).

Beim Lösen in Wasser wird Wärme in so bedeutender Menge latent, dass es sich sehr gut eignet, um niedere Temperaturen hervorzubringen. 60 Thle. des Salzes mit 100 Thln. Wasser geben eine Temperaturerniedrigung von  $27,20$  (Gefriersalz).

Es sind in letzterer Zeit keine wesentliche Verbesserungen in der Darstellung gemacht worden.

### Chlor ammonium, $(\text{NH}_4)\text{Cl}$ .

(Siehe S. 21.)

Die Darstellung des Salmiaks ist eine verschiedene und richtet sich nach Lage und Umständen der Fabrik. Hier haben wir es nur mit der Fabrikation aus Gaswasser und Ammoniaksalzen zu thun. Die Fabrikation aus organischen stickstoffhaltigen Körpern, aus Horn, Klauen, Leder, Haaren, Harn etc. ist im Princip dieselbe.

Man stellt den Salmiak vielfach dar, indem man Ammoniakgas welches nach Verlassen der vorhin beschriebenen Destillationsapparate erst mehrere Kühler (gewöhnlich Rohre mit Luftkühlung) passirt hat, in Salzsäure leitet und zwar in einem dicht verschlossenen Bleikasten bis zur Neutralisation. Die entweichenden Gase, zum Theil auch das mitgerissene Ammoniak und Salzsäure, lässt man nochmals durch Wasser strömen, oder condensiren, damit kein Verlust entstehen soll (durch die Flüchtigkeit der Salzsäure hervorgerufen). Die so entstandene Salmiaklösung ist sehr concentrirt und liefert, wenn die Gase einer guten Reinigung unterworfen waren und die Salzsäure möglichst rein war, durch Eindampfen in Bleipfannen und Krystallisirenlassen einen sehr guten und reinen Salmiak.

Eiserne Gefässe sind zum Eindampfen zu vermeiden, da Salmiak Eisen sehr leicht angreift, besonders wenn er etwas sauer ist, was er stets beim Eindampfen wird. Es ist deshalb nöthig, die Flüssigkeit stets alkalisch zu halten. Ist sie einmal sauer, so löst sie schnell Eisen als Eisenammoniumchlorür, welches nicht mehr zersetzt werden kann.

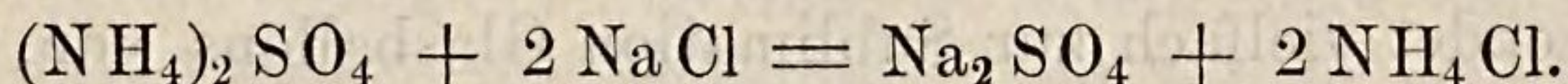
In England mischt man zur Darstellung von Salmiak Salzsäure mit Gaswasser direct, lässt absitzen, besonders die theerigen Bestandtheile, und dampft ein bis zum Krystallisiren, und sehr vielfach noch in eisernen Gefässen. Dieser Salmiak ist ein sehr unreines Product und wird, wie wir unten sehen werden, zur Reinigung sublimirt.

Eine französische Fabrik arbeitet nach folgendem Verfahren, welches auch rationell zu sein scheint. Sie bringt die ganz concentrirte Lösung von kohlensaurem Ammoniak und Schwefelammonium, wie sie von einem



der früher beschriebenen Colonnenapparate erhalten wird, in einem ausgebleiten und bedeckten, mit Gasableitung versehenen Gefässe mit Salzsäure zusammen und zwar so, dass beide Flüssigkeiten gleichzeitig ausströmen und eine möglichst neutrale (eher etwas saure) Lösung entsteht. Wenn das Gefäss fast voll ist, stellt man weiteren Zufluss ein und concentrirt die Lauge durch eine Dampfschlange bis zum Krystallisationspunkte.

In vielen Fabriken stellt man den Salmiak aus schwefelsaurem Ammoniak dar. Dies kann entweder auf nassem oder trockenem Wege geschehen. Man mengt das schwefelsaure Ammoniak mit Kochsalz zu gleichen Aequivalenten, 2 Mol. NaCl auf 1 Mol.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , und unterwirft das gut getrocknete Gemenge der Sublimation; es erfolgt Umsetzung zu Salmiak, welcher sublimirt, und schwefelsaurem Natrium, das zurückbleibt:



Oder man versetzt die Lösung von schwefelsaurem Ammoniak mit Kochsalz und dampft ein; es scheidet sich schwefelsaures Natron aus, das man aus der Pfanne herauskrückt, und in Lösung bleibt dann Salmiak, den man auskrystallisiren lässt.

Anstatt durch Salzsäure und Schwefelsäure kann die Umwandlung der Ammoniumverbindungen des Theerwassers in Salmiak oder schwefelsaures Ammoniak auch noch auf andere Weise bewerkstelligt werden. Vermischt man Gaswasser mit einer Lösung von Chlorcalcium oder Chlormagnesium (z. B. mit der Mutterlauge mancher Salinen), so setzt sich das kohlen saure Ammoniak mit diesen Salzen um zu Salmiak, kohlen saurem Calcium und kohlen saurem Magnesium. Giebt man zu dem Gaswasser eine Lösung von Manganchlorür (Rückstand von der Chlorentwicklung), so erfolgt Umsetzung des kohlen sauren Ammoniums und des Chlorürs zu Salmiak und kohlen saurem Manganoxydul, zugleich auch Umsetzung des Schwefelammoniums und Cyanammoniums und des Chlorürs zu Salmiak, Schwefelmangan und Mangancyanür. Wird dem Gaswasser Gyps zugegeben, oder lässt man es über Gyps wiederholt fließen, so findet Umsetzung des Salzes und kohlen sauren Ammoniums zu schwefelsaurem Ammonium und kohlen saurem Calcium statt. Wendet man anstatt Gyps Eisenvitriol an, so wirkt dieser wie Manganchlorür, nur dass selbstredend schwefelsaures Ammoniak entsteht; es scheiden sich aus: kohlen saures Eisenoxydul, Schwefeleisen, Eisencyanür.

Der auf diese Weise dargestellte Salmiak ist ziemlich rein. Diese Darstellungsmethoden sind aber nur anwendbar in Fabriken chemisch-technischer Producte, wo die zur Zersetzung nöthigen Salze aus Wechselwirkung entstehen und auch die resultirenden Niederschläge weiter verarbeitet werden können.

Der Salmiak kommt zum Theil als krystallisirter, zum Theil als sublimirter in den Handel; erstere Art ist viel billiger. Man erhält denselben, indem man eine Lösung, welche Salmiak enthält, bis zur Concen-



tration eindampft und auskrystallisiren lässt, und diese Krystalle durch öfteres Umkrystallisiren und Filtriren über Knochenkohle reinigt.

Die Krystalle werden dann mit heisser gesättigter Lösung zu einem Brei angerührt und das Ganze in Zuckerhutformen aus innen glasirtem Thon dem Erstarren überlassen. Nach einigen Tagen entfernt man von der Oeffnung am Boden den sie bis dahin verschliessenden Pfropfen, lässt die Mutterlauge abfliessen, nimmt die Brode durch Umkehren der Formen heraus und lässt sie in einer Trockenstube austrocknen.

Der auf diese Weise dargestellte Salmiak enthält sehr oft Verunreinigungen durch Salze, aus dessen Lösung er umgesetzt worden ist, meistens Kochsalz und Glaubersalz. Man zieht deshalb im Handel den sublimirten Salmiak vor, der völlig rein ist.

Das Sublimiren des Salmiaks ist die einfachste und sicherste Methode der Reinigung, wenn auch theurer.

Man wendet vielfach zur Sublimation Glasballons von 60 cm Höhe und 30 cm Durchmesser mit sehr kurzem abgesprengtem Halse an, welche in Sandcapellen stehen, von denen 16 oder 24 in zwei oder mehreren Reihen neben einander sich befinden. Die von dem Capellenofen abziehenden Feuergase dienen gewöhnlich noch zum Erhitzen einer Bleipfanne, ehe sie in den Schornstein gehen, und diese Pfanne wird zum vollständigen Austrocknen des zu sublimirenden Salmiaks benutzt. Nachdem man die Kolben mit Salmiak beschickt hat, werden sie eingesetzt, mit Sand umschüttet und durch nach und nach verstärktes Feuer so erhitzt, dass aus der Mündung der Kolben Salmiakdämpfe entweichen, welche die Luft aus den Kolben verdrängen und die letzte Spur von Feuchtigkeit wegführen. Dann bedeckt man die Mündung der Kolben mit einer Bleiplatte, entfernt den Sand von der oberen Wölbung, damit sich der Salmiak hier anlegen kann, und sorgt nun für gehörige Regelung der Temperatur. Die Bleiplatten dürfen nicht zu fest auf die Mündung backen und man hat dahin zu sehen, dass sich die Mündung nicht verstopfe. Ein spitzer Meissel aus hartem Holze dient eventuell dazu, die drohende Verstopfung zu beseitigen. Nach beendeter Sublimation (16 bis 24 Stunden) ersetzt man die Bleiplatten durch Pfropfen von Holz oder Salmiak und lässt langsam erkalten. In Folge ungleichmässiger Zusammenziehung des Glases und des Salmiaks springen die Kolben. Man hebt den oberen Theil der Kolben mit den Salmiakbroden ab, wobei man mit einem hölzernen Hammer nachhilft; nach vollständiger Abkühlung löst sich das Glas leicht vom Salmiak ab. Was in den Kolben unsublimirt zurückbleibt, wird zur folgenden Sublimation verwendet. Diese Methode ist nur da anwendbar, wo billige Glasgefässe zur Verfügung stehen, und bedient man sich meistens jetzt grosser gusseiserner Kessel, die aus Platten zusammengenietet und mit feuerfesten Steinen und Thon ausgesetzt sind. Unter dem Kessel befindet sich die Feuerung. Nachdem der Salmiak in den Kessel eingetragen und fest gestampft worden ist, beginnt man den Kessel vorsichtig zu erwärmen, bis aus dem Sal-



miak alles Wasser ausgetrieben worden ist. Darauf legt man auf den Rand des Kessels einen Ring aus Lehmbrei und drückt in diesen einen Deckel aus Gusseisen, der ungefähr die Gestalt eines Uhrglases hat. Dieser Deckel hat an drei Stellen Ringe, zur Aufnahme einer Kette, welche mit einer darüber befindlichen Rolle verbunden ist und zwar so, dass man ihn bequem heben oder senken kann.

Anstatt dieser Deckel wendet man auch Hauben von Blei an, deren obere Oeffnung mit einer eisernen Stange lose verschlossen ist. Damit der Deckel während der Sublimation durch den Druck im Inneren nicht abgeworfen werde, beschwert man ihn mit Gewichten oder befestigt ihn auf eine andere Weise mit dem Kessel. Die Eisenstange wird von Zeit zu Zeit herausgezogen, um den nicht verdichteten Dämpfen Ausgang zu verschaffen, um so die Spannung zu vermindern. Nach und nach verstärkt man das Feuer. Die Temperatur ist mit grosser Sorgfalt zu reguliren. Ist die Wärme zu gering, so erhält man ein lockeres und unterschächtiges Product, das im Handel nicht beliebt ist. Bei zu hoher Temperatur könnten aber die eventuell in dem Salmiak enthaltenen organischen Verbindungen verkohlen und durch die sich bildenden flüchtigen Producte den Salmiak verunreinigen. Man wählt erfahrungsgemäss am besten Kessel von 2,5 bis 3 m Durchmesser, die etwa 2000 bis 3000 kg fassen.

Der sublimirte Salmiak sitzt etwa 10 bis 20 cm dick als feste faserige Masse an dem Deckel.

Der Salmiak wird dann abgeschlagen. Die erste an dem Deckel sitzende Schicht ist stets braun gefärbt, wahrscheinlich herrührend von Eisenoxyd, das sich durch die Feuchtigkeit, welche in dem Salmiak noch stets vorhanden ist, von dem Deckel loslöst.

Man entfernt diese braune Schicht durch Abhobeln oder Abschneiden mit eigens zu diesem Zwecke construirten krummen Messern. Die Sublimation dauert gewöhnlich 8 bis 10 Tage, wird aber gewöhnlich unterbrochen, um den Fortgang der Sublimation zu sehen. Man zieht erst das Feuer unter dem Kessel weg und hebt den Deckel hoch.

An manchen Orten setzt man dem Salmiak  $\frac{1}{3}$  seines Gewichtes an Thierkohle zu, um ihn rein zu erhalten. Calvert empfiehlt, dem zu sublimirenden Salmiak 5 Proc. sauren phosphorsauren Kalk oder 3 Proc. phosphorsaures Ammonium beizumengen oder noch besser die Lösung desselben mit der entsprechenden Menge sauren phosphorsauren Calciums einzudampfen; das Eisen soll dann bei der Sublimation als phosphorsaures Eisenoxyd zurückbleiben. Am besten wird es immer sein, eisenfreie Salzsäure zu verwenden und eiserne Gefässe überhaupt bei dem ganzen Processe auszuschliessen. Ist die Salzsäure nicht eisenfrei, so wird der Salmiak meistens gelbliche Stellen haben, da das Eisenchlorid mit sublimirt. Der sublimirte Salmiak ist eine weisse, faserige, durchscheinende Masse, welche in Stücken bis zu 50 kg im Handel vorkommt. Er soll eisenfrei sein.



Er findet vielfache Anwendung beim Löthen, zum Verzinnen und Verzinken, in der Zeugdruckerei, der Farbenfabrikation und Pharmacie.

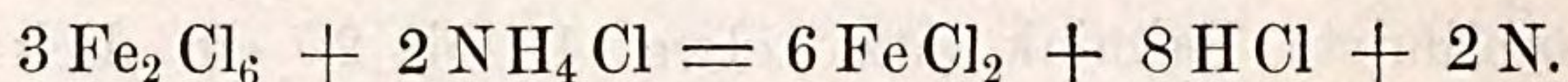
Der Salmiak wurde früher in Aegypten (13. Jahrhundert) ausschliesslich aus Kameelmist dargestellt und von dort aus die ganze Welt versorgt.

In Europa stellte man zuerst Salmiak durch trockene Destillation der Oelkuchen und aus dem beim Brennen der Pechkohle sich bildenden Russ dar.

Die erste Salmiakfabrik Deutschlands war die der Gebrüder Gravenhorst in Braunschweig, 1759.

Heute wird er fast nur dargestellt aus dem Producte der trockenen Destillation der Steinkohlen oder Knochen auf die oben erwähnte Weise.

Der Salmiak findet vielfache Verwendung in der Medicin und Technik, so zum Löthen, zum Galvanisiren, in der Färberei, Druckerei und Farbenfabrikation. Für den letzten Zweck muss er eisenfrei sein. Man war der Meinung, dass farbloser Salmiak stets eisenfrei sei; aber Wurtz hat gezeigt, dass nur Eisenchlorid im Salmiak durch die gewöhnlichen Reagentien angezeigt wird, während Eisenchlorür weder durch die Farbe noch durch die gewöhnlichen Reagentien entdeckt werden kann. Das Eisenchlorür kann aus dem Chlorid durch die reducirende Wirkung des Salmiaks selbst entstehen, z. B.:



Um ein völlig eisenfreies Product zu erzeugen, leitet man ganz wenig Chlorgas durch siedend heisse Salmiaklösung (nicht im Ueberschuss, weil sonst der furchtbar explosive Chlorstickstoff entsteht, siehe Seite 4), setzt etwas Ammoniak zu, worauf das jetzt völlig in Oxydhydrat verwandelte Eisen in braunen Flocken niederfällt, filtrirt schnell und lässt krystallisiren.

Weitere Darstellungsmethoden siehe Seite 87 u. f.

### Kohlensaures Ammoniak.

(Siehe S. 17.)

Das kohlensaure Ammoniak, das Hirschhornsalz des Handels, ist, wie wir Seite 17 gesehen haben, eine Verbindung von carbaminsaurem Ammoniak mit saurem kohlensaurem Ammoniak.

Es wird entweder durch Sublimiren von Ammonsulfat oder Salmiak mit Kreide, oder direct dargestellt. Man bedient sich hierzu gusseiserner Retorten von 0,5 m Durchmesser und 2 m Länge, von denen mehrere zugleich in einem Ofen liegen. Das Gemenge besteht aus 4 Thln. schwefelsaurem Ammoniak, 4 Thln. Kreide und 1 Thl. Holzkohlenpulver. Man nimmt 100 kg schwefelsaures Ammoniak,  $66\frac{2}{3}$  kg Kreide, wobei  $52\frac{2}{5}$  kg anderthalbfach kohlensaures Ammoniak und  $7\frac{1}{2}$  kg Ammoniakgas resultiren, und 103 kg Gyps im Rückstande von der Sublimation bleiben.



Die Retorten sind mit Verdichtungskammern von Blei (2,5 bis 3 m lang, 3 m breit und 2 m hoch) verbunden, deren mehrere hinter einander stehen. Aus der letzten Kammer gehen die Dämpfe, um Ammoniakverlust zu vermeiden, durch 2 bis 3 m hohe bleierne Thürme, welche mit Koks gefüllt sind und mit 60 grädiger Schwefelsäure berieselt werden. Die Kammern haben meistens noch Wasserkühlung, um die Verdichtung schneller zu bewirken. Alle 8 bis 10 Stunden ist eine Operation beendet. Die Deckel der Retorten haben ein Loch, durch welches eine Krücke geht, mit der man die Mischung während der Sublimation stets umrührt. Die Temperatur wird nach und nach bis zum schwachen Glühen des Retortenbodens gesteigert. Es bleibt schwefelsaurer Kalk in der Retorte zurück, und das verdampfende Gemenge von Ammoniak, Kohlensäure und Wasserdampf condensirt sich in den Verdichtungskammern zu festem kohlensaurem Ammoniak. Man nimmt so viele Operationen hinter einander vor, bis in den Kammern eine grosse Kruste von Carbonat gebildet ist. Dann schlägt man mit Holzhämmern von aussen auf die Seiten der Kammern, damit sich das Carbonat löst, und entfernt es durch die an den Seiten angebrachten Thüren. Zu dick darf man die Kruste nicht werden lassen, weil sonst die Luftkühlung ungenügend wirkt und das Salz zu fest und zu schwer ablösbar wird.

Kuhnheim in Berlin stellte eine Zeit lang das Carbonat durch Zersetzen von Salmiak mit Baryumcarbonat dar, wobei Chlorbaryum als Nebenproduct erhalten wurde.

Das auf diese Weise dargestellte kohlensaure Ammoniak wird dann gewöhnlich nochmals einer Sublimation unterworfen, welches in eisernen Kesseln mit darüber befindlicher Bleihaube geschieht. Das rohe Salz wird darin mit etwas Wasser, ohne welches das reine Salz nicht durchscheinend ausfällt, bei einer Temperatur von  $70^{\circ}$  erhitzt, und das Sublimat setzt sich in die bleierne Haube, woraus es leicht entfernt werden kann.

Bell<sup>1)</sup> beschreibt einen Apparat, welcher aus einer Eisenpfanne von 0,75 m unterer und 0,6 m oberer Breite, 5 m Länge und 0,75 m Höhe besteht, in deren Deckel acht 0,30 m weite Löcher angebracht sind, auf denen 0,75 m hohe conische Bleihüte sitzen. Man kann 14 Tage mit einem solchen Apparat ohne Unterbrechung der Operation arbeiten, ehe man die Hüte abnimmt, welche durch Klammern zusammen gehalten werden. Nach dem Loslösen der Klammern nimmt man die Salzmasse heraus und verpackt sie gewöhnlich in Steinkruken.

Kuhnheim stellt jetzt kohlensaures Ammoniak direct dar, indem er in die Verdichtungskammern Ammoniakgase und Kohlensäure in gewissem Verhältnisse eintreten lässt, und dadurch sofort das käufliche Salz gewinnt; es versteht sich von selbst, dass beide Gase, wenigstens das Ammoniakgas, einer vorherigen Reinigung unterworfen sind.

---

<sup>1)</sup> Bell, Chem. News 12, 309.



Das reine kohlen saure Ammoniak des Handels soll eine weisse, krystallinische, durchscheinende Masse bilden. Es soll beim Erhitzen vollständig und ohne empyreumatischen Geruch sich verflüchtigen; theerige Stoffe verrathen sich durch die bräunliche Farbe der Lösung des Salzes in Wasser. An der Luft giebt es Ammoniak ab und überzieht sich mit einem weissen Krystallmehl.

Es findet vielfache Anwendung zum Lösen von Fett in der Fabrikwäsche der Wolle, in der Färberei, in der Medicin, in der Bäckerei etc. Das Ammoniumbicarbonat schlägt aus gesättigter Lösung von Kochsalz das Natrium als Natriumbicarbonat nieder; auf diese Reaction gründet sich das unter dem Namen „Ammoniaksodaprocess“ bekannte Verfahren der directen Darstellung von Soda aus Kochsalz.

Aus der concentrirten Kochsalzlösung wird durch Ammoniumbicarbonat Natriumbicarbonat niedergeschlagen, das man durch Glühen in Soda überführt, während Salmiak in Lösung geht, aus welchem man durch Erhitzen mit Kalk das Ammoniak wieder gewinnt.

Dieser Process ist von Schlösing entdeckt, und von Solvay in Brüssel (daher Solvay-Process) zuerst praktisch ausgebildet und verwerthet worden.

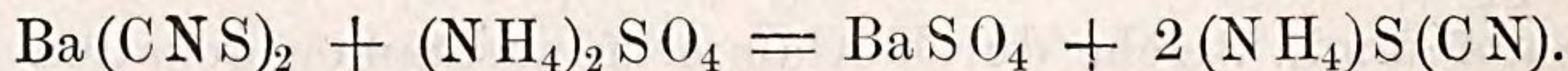
Weitere Darstellungsmethoden siehe Seite 87 u. f.

### Rhodanammonium, $\text{NH}_4\text{S}(\text{CN})$ .

(Siehe Seite 20.)

Das Rhodanammonium oder Schwefelcyanammonium hat in der Kattundruckerei als Reservage bei der Färberei mit Anilinfarben eine grosse Bedeutung erhalten, und wird in Folge dessen im Grossen dargestellt. Die verschiedenen Darstellungsmethoden sind Fabrikgeheimnisse, und ist wenig darüber zu erfahren.

Stork und Strobel<sup>1)</sup> säuern das Gaswasser an und versetzen es mit einer Mischung von Kupferchlorid und Natriumbisulfit; das niedergefallene Kupferrhodanür wird ausgewaschen und durch Kochen mit Aetzbaryt in Rhodanbaryum übergeführt, aus dem die anderen Salze dargestellt werden können:



Es bildet sich auch, wenn man 100 Thle. Schwefelkohlenstoff mit 200 Thln. 85 procentiger Ammoniakflüssigkeit in einem Autoclaven erhitzt, der eine fortdauernde Mischung der beiden Flüssigkeiten gestattet<sup>2)</sup>:



Spence<sup>3)</sup> fällt mit einer Mischung von Eisenvitriol und Kupfervitriol, und zersetzt das Kupferrhodanür mittelst Schwefelammonium in Schwefelkupfer und Rhodanammonium.

<sup>1)</sup> Dingl. Journ. 235, 156. — <sup>2)</sup> D. R. P. 3199. — <sup>3)</sup> Chem. News 18, 119.



Da die Abwässer der Ammoniakfabriken jetzt viel hochgrädiger sind, wie früher, so erhält man auf diese Weise eine hochgrädige Rhodan-ammoniumlauge, und kann deshalb das Fällen des Rhodans mit Kupfer-salz umgangen werden.

Mehr noch wie das Gaswasser enthält die Reinigungsmasse des Leuchtgases Rhodanammonium (6 bis 8 Proc.), und wird daraus durch partielle Krystallisation dargestellt. Man extrahirt die Rhodansalze in Gemeinschaft mit anderen Ammoniumsalzen, und dieses Extract wird dann weiter auf Handelsproducte verarbeitet; durch eine zweite alkalische Extraction gewinnt man die Ferrocycansalze, welche in Berliner Blau übergeführt werden, und endlich durch eine dritte Extraction mit Schwefelkohlenstoff, Theerölen oder überhitztem Wasserdampf Schwefel, welcher zur Schwefelsäurefabrikation wieder verwandt werden kann. Vorschläge sind gemacht worden von Rob. Gasch, Chem. Zeitung 1886, 774, und Dr. Fr. Mätzger, Chem. Zeitung 1886, 670.

S. Marasse in Berlin, D. R. P. 38 137, stellt Rhodanverbindungen dar, indem er die aufgebrauchte Reinigungsmasse, nach dem Auslaugen der löslichen Ammoniaksalze, mit überschüssigem Kalk und Wasser in einem geschlossenen Gefässe auf über 100° C. erhitzt. Es bildet sich als Endproduct Rhodancalcium und Schwefeleisen. Durch Auslaugen gewinnt man eine Rhodancalciumlösung, welche leicht in andere Rhodan-salze übergeführt werden kann.

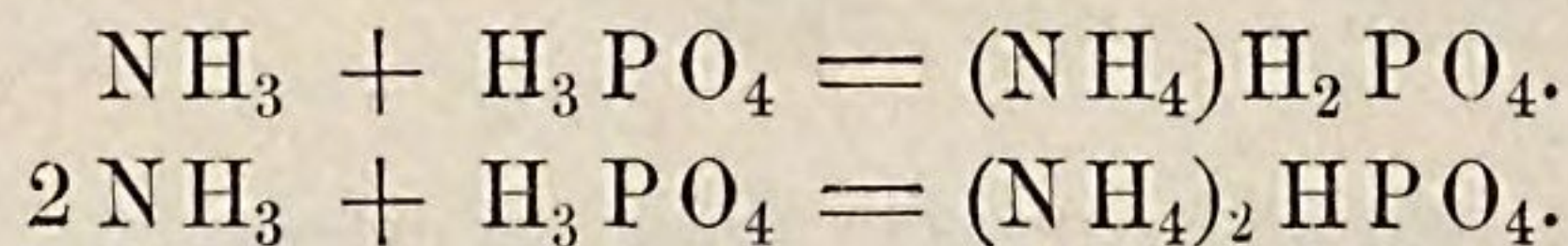
Weitere Darstellungsmethoden siehe Seite 87 u. f.

### Phosphorsaures Ammoniak, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ .

Moleculargewicht: 132.

Zusammensetzung:  $\text{NH}_3$ : 25,68;  $\text{P}_2\text{O}_5$ : 53,93;  $\text{H}_2\text{O}$ : 20,39.

Die Phosphorsäure wirkt auf Ammoniak ähnlich wie Schwefelsäure; nur hat man dabei zu beachten, dass die Phosphorsäure drei verschiedene Modificationen bildet, die sich von einander durch die Fähigkeit, 1 bis 3 Molecüle Basis zu sättigen, unterscheiden, besonders aber, dass die gewöhnliche Phosphorsäure dreibasisch ist. Die Wirkungsweise wird durch nachstehende Formeln ausgedrückt:



Man kennt also: ein neutrales Salz,  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$ , welches zuweilen im Guano enthalten ist; ein secundäres Salz,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  (*Ammonium phosphoricum*) und ein primäres Salz,  $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ .

Das secundäre Salz wird durch Neutralisiren von Phosphorsäure mit Ammoniak erhalten, und bildet grosse, in Wasser leicht lösliche, farblose, monokline Krystalle von salzigem Geschmack.



Es verliert an der Luft Ammoniak und geht allmählich in das primäre Salz über, welches luftbeständige Quadratoctaëder bildet. Alle drei Phosphate hinterlassen beim Glühen Metaphosphorsäure,  $\text{HPO}_3$ .

In letzterer Zeit schenkt man dem Salze, welches bisher wenig Verwendung fand, eine grössere Aufmerksamkeit, da es ein vorzügliches Düngemittel sein soll.

Man stellt es im Grossen jetzt dar, indem man das Ammoniak in concentrirte Phosphorsäure leitet, und verfährt sonst, wie bei der Darstellung von schwefelsaurem Ammoniak.

Da die Phosphorsäure jetzt im Grossen auf billige Weise aus Phosphoriten dargestellt wird, so ist auch die Darstellung des phosphorsauren Ammoniaks eine verhältnissmässig billige.

Professor Dr. E. von Wolff in Hohenheim beschreibt in Nr. 26 des Württ. Wochenblatt für Landwirthschaft, vom 17. Juni 1886, einige Düngungsversuche, und giebt auch zwei Analysen von im Grossen in der Heilbronner Gas-Anstalt dargestellten Salzen an. Das Salz war lufttrocken und fast nicht hygroskopisch; es entspricht annähernd dem einbasischen Salze.

Die Analyse ergab:

|    | Gesammter Stickstoff | Stickstoff als Ammoniak | Gesammt-Phosphorsäure | Wasserlösliche Phosphorsäure |
|----|----------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|
| a) | 10,8                 | 10,0                    | 56,1                  | 48,7                         |
| b) | 9,6                  | 8,7                     | 52,3                  | 42,9.                        |

Professor von Wolff verspricht dem Salze eine grosse Zukunft.

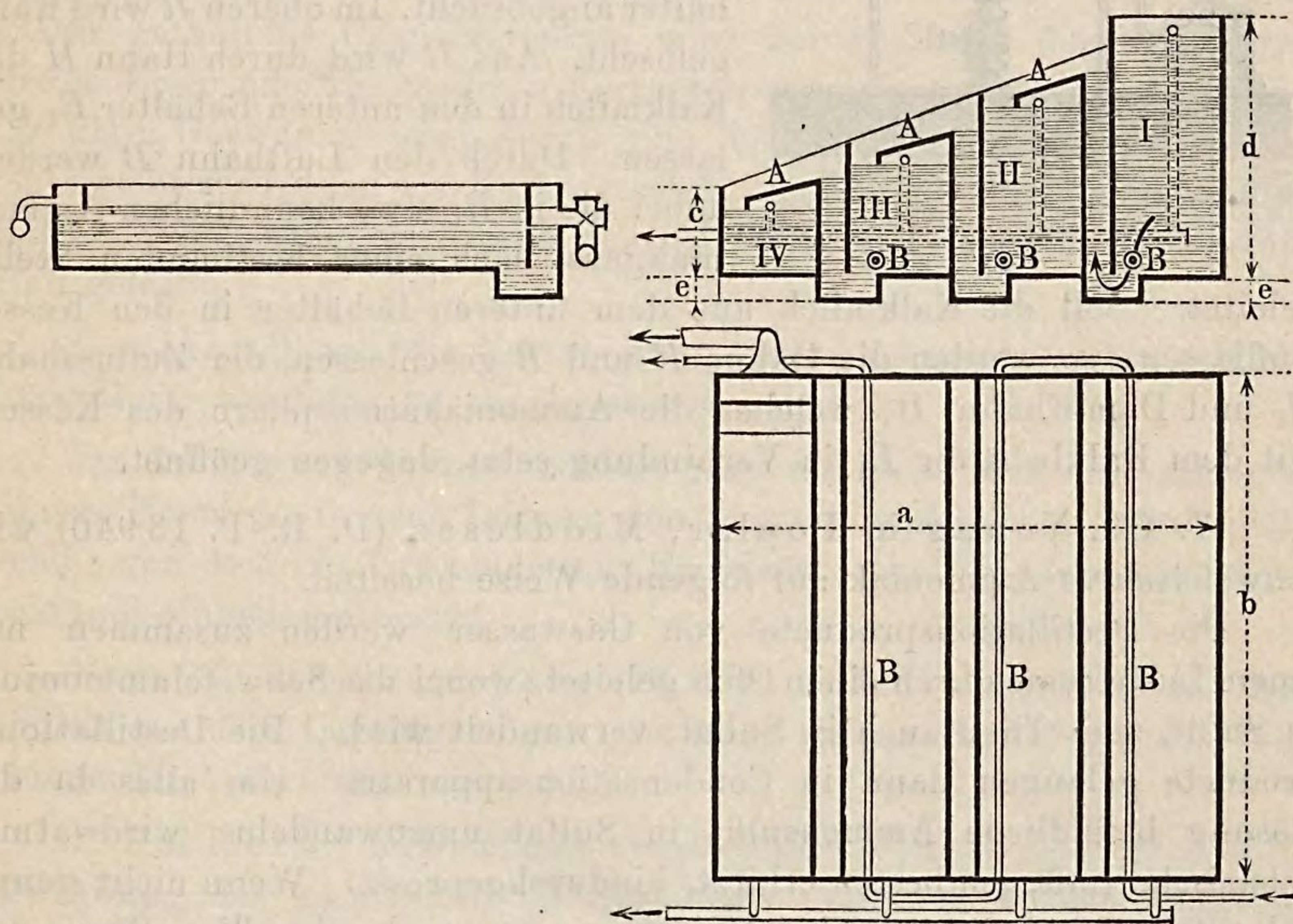


## Vorgeschlagene Methoden zur Darstellung von Ammoniak und seinen Salzen.

Es ist in den letzten Jahren sehr viel an Ammoniakapparaten, sowie an Darstellungsmethoden des Ammoniaks und seiner Salze gearbeitet worden, und wollen wir eine Schilderung dieser Bemühungen hier folgen lassen.

Zur Trennung von Theer und Ammoniakwasser hat Kunath in Danzig und die Berlin-Anhaltische Maschinen-

Fig. 29.

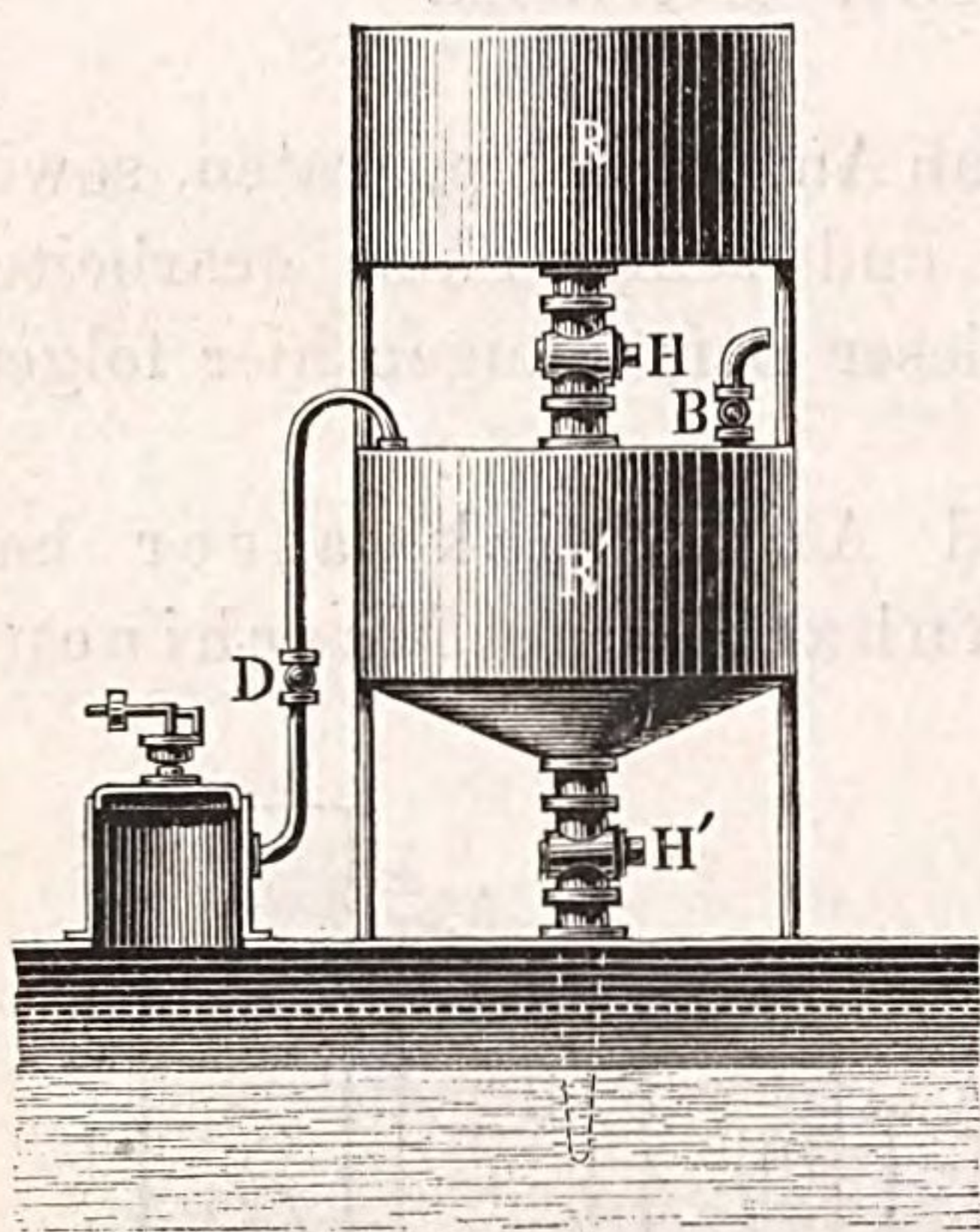


bau-Actien-Gesellschaft sich einen Apparat patentiren lassen (D. R.-P. 15255), der sehr gut arbeitet und im Folgenden beschrieben wird in seiner neuen Form, Fig. 29. Der Apparat besteht aus mehreren hinter einander stehenden Gefässen. Die Mischung von Theer und Ammoniakwasser fliesst in Gefäss I ein und steht durch eine Ablaufrinne mit II u. s. w. in Verbindung. In den Gefässen liegt ein Dampfrohr, um den Theer leicht anzuwärmen und ihn dadurch flüssiger zu machen.



Der mittelst der Dampfrohre *B* leicht angewärmte Theer trennt sich beim Ueberlauf über die Rinnen *A* von dem Wasser, welches sich ausserdem noch in jedem einzelnen der Gefässe I, II, III, IV dadurch von dem Theer scheidet, dass das Wasser oben aus dem Gefässe durch die seitlichen Ablaufrohre austritt, während der Theer in der Richtung, wie dies der Pfeil in dem Gefässe I andeutet, nach unten tritt, und dadurch diesen Abgang weiter nach oben auf die Rinne *A* im Gefässe II gelangt. Der Ablauf des Wassers im Gefässe I liegt so viel höher, als die Rinne *A* im Gefässe II, dass der Höhenunterschied auch dem Unterschiede der

Fig. 30.



specifischen Gewichte von Wasser und Theer entspricht.

Hegener in Cöln hat sich einen Kalkzusatz-Apparat patentiren lassen (D. R.-P. 11 669), Fig. 30.

Um das Entweichen von Ammoniakgas beim Zusatz von Kalkmilch aus dem Gaswasser zu verhindern, sind über dem das letztere enthaltenden Kessel zwei Behälter angebracht. Im oberen *R* wird Kalk gelöscht. Aus *R* wird durch Hahn *H* die Kalkmilch in den unteren Behälter *R*<sub>1</sub> gelassen. Durch den Lufthahn *B* werden dabei die in *R*<sub>1</sub> etwa befindlichen Ammoniakgase nach einer bestimmten Stelle

geleitet. Soll die Kalkmilch aus dem unteren Behälter in den Kessel einfließen, so werden die Hähne *H* und *B* geschlossen, der Zuflusshahn *H*<sub>1</sub> und Dampfahh *D*, welcher die Ammoniakatmosphäre des Kessels mit dem Kalkbehälter *R*<sub>1</sub> in Verbindung setzt, dagegen geöffnet.

W. Ch. Young in Poplar, Middlesex (D. R.-P. 13 940) will schwefelsaures Ammoniak auf folgende Weise bereiten.

Die Destillationsproducte von Gaswasser werden zusammen mit einem Luftstrome durch einen Ofen geleitet, wobei das Schwefelammonium in Sulfit, zum Theil auch in Sulfat, verwandelt wird. Die Destillationsproducte gelangen dann in Condensationsapparate. Um alles in der Lösung befindliche Ammonsulfit in Sulfat umzuwandeln, wird atmosphärische Luft, am besten erhitzt, hindurchgepresst. Wenn nicht genug Schwefelverbindungen vorhanden waren, so wird schweflige Säure zugesetzt, entweder bevor oder nachdem die Destillationsproducte den Ofen passirt haben.

Th. Richter hat ein Verfahren von Ammoniak aus Gasreinigungsmasse sich patentiren lassen (D. R.-P. 15 206).

Die Eisenoxyd-Reinigungsmassen, so, wie sie frisch aus den Reinigern zur Regeneration herausgenommen werden, enthalten kohlensaures Ammoniak (0,8 Proc.  $\text{NH}_3$ ), welches sich bei dem gewöhnlichen Regene-



rationsverfahren, Lagern an der Luft und Umschäufeln, verflüchtigt. Dieses kohlensaure Ammoniak, welches bisher verloren ging, wird vor jedesmaliger Regenerirung gewonnen, indem man die Reinigungsmassen auslaugt, auskocht oder ausdämpft. Am besten behandelt man aber die Reinigungsmasse in einem mit Scheidewänden versehenen Kasten mit Luft. Hierbei vereinigt man die Regeneration mit der Gewinnung von Ammoniak. Die Luft oxydirt nämlich das Schwefeleisen zu Eisenoxyd und Schwefel. Durch die Oxydation tritt eine so bedeutende Wärmeentwicklung ein, dass das in den Reinigungsmassen enthaltene Ammoniak entweicht und sich mit dem Ueberschuss von Luft mischt. Die entweichende Luft wird mit Säure behandelt.

Alex. Mc. Dongall in Penrith (Engl. Patent 202) behandelt das Gaswasser mit einer Mischung von Sägemehl, Lohe oder Torf mit Calcium- oder Magnesiumsulfat oder -chlorid, damit sich Ammoniumsulfat beziehungsweise -chlorid und die Carbonate der alkalischen Erden bilden.

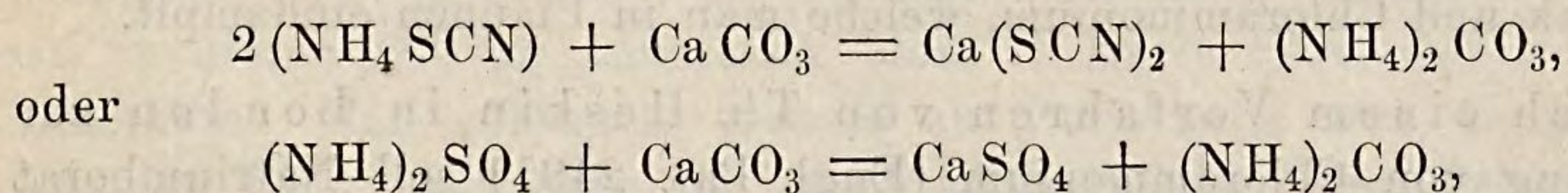
Henry Bower in Philadelphia (Engl. Patent 2918) gewinnt neben Ammoniak auch Eisenferrocyanid aus Gaswasser. Das im Gaswasser enthaltene Cyanammonium wird durch Zusatz der bestimmten Menge Eisen oder Eisensalz in Ferrocyanammonium umgewandelt. Oder das klare Gaswasser wird durch eine Schicht Eisenspäne filtrirt. Die Flüssigkeit wird dann mit Kalk versetzt, das Ammoniak wird abdestillirt, und aus der Lösung wird nach dem Absetzen und Neutralisiren Berliner Blau gefällt.

Gerlach<sup>1)</sup> will die Verarbeitung des Ammoniakwassers mit der Darstellung von Soda aus Kochsalz verbinden.

De la Martellière<sup>2)</sup> schlägt vor, das Gaswasser mit schwefelsaurer Thonerde in eine Lösung von Ammoniumsulfat zu verwandeln, welche von dem Niederschlage von Kieselsäure und Thonerdehydrat befreit und eingedampft wird.

Vorster und Grüneberg (D. R.-P. 25 466) absorbiren das Ammoniak aus dem Leuchtgase mit, mit Säure getränkter, Flugasche, Infusorienerde, Asbest etc.

P. Seidler in Elberfeld erstrebt nach dem D. R.-P. 26 633 die Gewinnung des gesammten im Gaswasser enthaltenen Ammoniaks als Ammoniumcarbonat, indem das Gaswasser über Calciumcarbonat (Kreide, Marmor) oder andere Carbonate destillirt wird. Durch die Carbonate werden die nicht flüchtigen Ammoniaksalze zersetzt:



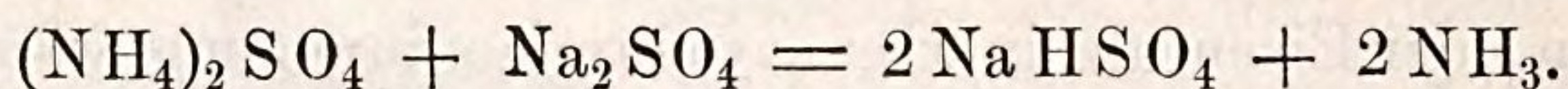
<sup>1)</sup> Dingl. Journ. 223, 82. — <sup>2)</sup> Engl. Patent 2963.



und man erhält sämtliches Ammoniak des Gaswassers als Ammoniumcarbonat mit geringen Mengen von Ammoniumsulfid, da dieses durch Calciumcarbonat nicht vollständig zersetzt wird.

Behandelt man nun dieses Gemisch in concentrirter wässeriger Lösung in geeigneten Apparaten mit Kohlensäure, so fällt Ammoniumcarbonat als feinkörnig krystallisirtes Salz heraus, welches man von der Mutterlauge trennt und durch Sublimation in das käufliche kohlensaure Ammoniak verwandeln kann. Aus der Mutterlauge stellt man durch Einfließenlassen von Schwefelsäure Ammoniumsulfat dar und benutzt die entstehende Kohlensäure zum Behandeln frischer Lösung von Ammoniumcarbonat.

Eustace Carry und Ferd. Hurter in Widness erreichen nach dem D. R.-P. 30 198 die Darstellung von Ammoniak aus schwefelsaurem Ammoniak unter gleichzeitiger Verwerthung der darin enthaltenen Schwefelsäure in folgender Weise. Ein Aeq. Ammoniumsulfat wird mit 1 Aeq. Natriumsulfat trocken oder in Lösung innig mit einander gemischt. Das Salzgemisch wird auf 350 bis 370° erhitzt. Das Ammoniumsulfat wird dann zersetzt. Die Schwefelsäure bildet mit dem Natriumsulfat Bisulfat, während das Ammoniak entweicht:



Die Reaction geht in einer Atmosphäre von Wasserdampf leicht von statten. Das zurückbleibende Bisulfat wird mit Kochsalz erhitzt, um neutrales Sulfat und Salzsäure zu gewinnen, oder es wird zur Darstellung von Schwefelsäureanhydrid benutzt. Aus dem neutralen Natriumsulfat und dem Ammoniak können unter Mitwirkung von Kohlensäure Soda und Ammoniumsulfat gewonnen werden.

Ludwig Mond in Northwich (D. R.-P. 28 063) gewinnt Ammoniumsulfat und Salzsäure, indem Chlorammonium mit so viel Schwefelsäure erwärmt wird, dass neben Salzsäure Ammoniumbisulfat entsteht. Dasselbe wird nach dem Erkalten grob zerkleinert und in einer Reihe von Kammern systematisch mit ammoniakalischen Gasen behandelt, so dass das neutrale Sulfat sich bildet.

Die *Société anonyme des produits chimiques du Sud Ouest à Paris* (Oesterr. Pat. Classe 12 vom 30. Oct. 1880) fällt die Flüssigkeiten mit schwefelsaurer Thonerde, Chlorcalcium und Eisenchlorür. Man erhält dann einen Niederschlag von Thonerdehydrat, kohlensaurem Kalk und Eisenoxydhydrat, Schwefeleisen etc., welche auch die theerartigen Stoffe mit niederreißen. Die Lösung enthält schwefelsaures Ammoniak und Chlorammonium, welche man in Pfannen eindampft.

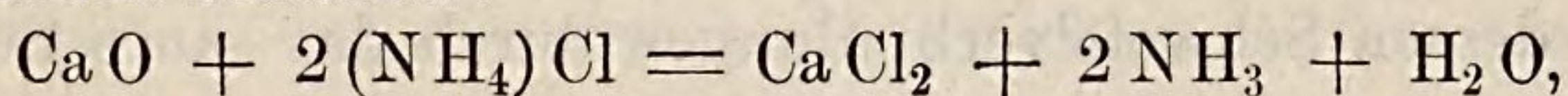
Nach einem Verfahren von Th. Heskin in London zur Darstellung von Chlorammonium (Engl. Pat. 2491) soll Natriumborat durch Schwefelwasserstoff unter Druck zersetzt werden. Die dabei sich ausscheidende Borsäure wird in starker Ammoniakflüssigkeit gelöst und



das Ammoniumcarbonat soll sich mit Kochsalz umsetzen, wobei Salmiak gewonnen und Natriumborat regeneriert wird.

Die Darstellung von Ammoniumcarbonat aus Ammoniakwasser nach dem Patent Wächter (D. R.-P. 34 393) beruht darauf, dass Ammoniak, durch eine rothglühende Schicht von Carbonaten geleitet, Ammoniumcarbonat giebt. Der Apparat besteht aus einem cylindrischen Schacht, welcher mittelst Schleuse mit Carbonaten beschickt wird und von spiralförmig geführten Feuerzügen umgeben ist. Durch eine aussen angebrachte Feuerung werden die Feuerzüge geheizt, bis die Beschickung im Schachte in Rothgluth geräth. Dann wird Ammoniakwasser, durch Injectoren zerstäubt, in den Schacht eingeführt und entweicht das gebildete Ammoniumcarbonat durch einen oben seitlich angebrachten Stutzen in einen Kühler. Die entstandenen Oxyde resp. die in kaustische Erden verwandelte Beschickung wird durch einen unter dem Schachte angebrachten Schieber entfernt.

Nach Isambert erfordert die bei der Herstellung von Ammoniak vor sich gehende Reaction:



einen Wärmeverbrauch von 10,9 Wärmeeinheiten.

Aus dem Gemische entweicht bei gewöhnlicher Temperatur, selbst bei Luftleere, kein Ammoniak, weil sich die Molecularverbindung,  $\text{Ca Cl}_4, 2 \text{NH}_3$ , bildet, welche erst bei 118 bis 200° Ammoniak abgiebt. Durch Baryt und Strontian wird aus Chlorammonium ebenfalls erst bei 118 bis 200° Ammoniak entwickelt, während Bleiglätte das schon bei gewöhnlicher Temperatur thut.

A. Feldmann empfiehlt bei der Herstellung von schwefelsaurem Ammoniak die entweichenden Dämpfe aus dem Bleikasten durch einen kleinen Scrubber mit verdünnter Säure zu leiten, um das Ammoniak völlig zu gewinnen. Das auskrystallisirte Salz sollte in Schleudern von der Lauge befreit werden.

A. Feldmann mischt zur Herstellung von Ammoniakflüssigkeit das Gaswasser mit der erforderlichen Kalkmenge, treibt durch die Filterpressen und destillirt die klare Flüssigkeit ab. Der so erhaltene rohe Salmiakgeist enthält noch Schwefelammonium, muss daher nochmals, mit etwas Kalk gemischt, destillirt werden. Wenn täglich 10 cbm Gaswasser von 2 Proc. Ammoniakgehalt in dieser Weise concentrirt sind, so enthält das Destillat, welches täglich umzudestilliren ist und nicht ganz 1 cbm beträgt, 200 kg Ammoniak.

Da nun das Ammoniak, welches in Form von Schwefelammonium vorhanden ist, etwa nur  $\frac{1}{20}$  des Gesamtammoniaks ausmacht, so hat man in diesen 200 kg Ammoniak bloss 10 kg in Form von Schwefelammonium. Man gebraucht deshalb zur Zersetzung etwa die doppelte Menge an Kalk, also etwa 20 bis 25 kg Kalk, den man bei der Umdestillation zusetzt. Das Product der Zersetzung von Schwefelammonium mit Kalk ist flüssiges Calciumsulfhydrat.



W. S. Cooper in London (Engl. P. 1883, Nr. 2669) macht den eigenthümlichen Vorschlag, das aus dem Condensator abfließende Gaswasser mit Wasser zu verdünnen, damit aus demselben kein Ammoniak abdunsten könne.

E. A. Fales in Indianopolis macht den Vorschlag (Am. P. Nr. 318 072), bei der Herstellung von Ammoniumsulfat durch Einleiten der ammoniakalischen Dämpfe in Schwefelsäure diese mit einer Schicht Theer zu bedecken (s. S. 76).

W. Arrol in Glasgow (Engl. Pat. 1884, Nr. 12 174) leitet die ammoniakalischen Dämpfe in einen mit Säure gefüllten kupfernen Kessel; die ausgeschiedenen Krystalle sammeln sich in einer kupfernen Schale am Boden und werden mit dieser herausgehoben.

A. Mac Dongall in Penrith (Engl. P. 1884, Nr. 15 496) will in bekannten Röstöfen erzeugte Schwefligsäuren in Ammoniakflüssigkeit leiten. Das auskrystallisirte Ammoniumsulfid soll sich an der Luft in Sulfat verwandeln, die saure Mutterlauge soll zur Reinigung von Leuchtgas dienen, dessen Schwefelverbindungen durch das saure Sulfit zersetzt werden sollen.

Nach Kelly und Weigel in London (Engl. P. 1884, Nr. 8680) wird zur Herstellung von Ammoniumsulfat eine Lösung von Kieserit und Kochsalz abgekühlt, das auskrystallisirte Glaubersalz mit Ammoniak und Kohlensäure behandelt, das ausgeschiedene Natriumbicarbonat entfernt und die Lösung von Ammoniumsulfat eingedampft.

Zur Gewinnung von Ammoniak aus Gasen sollen dieselben nach A. P. Price in London (Engl. P. 1884, Nr. 6983) über Gemenge von sauren Sulfaten oder Sulfiten mit indifferenten Stoffen geleitet werden.

Nach Pfannenschmidt<sup>1)</sup> wird zur Verwerthung von Ammoniakwasser aus kleinen Fabriken ausgenutzte Reinigungsmasse auf einer festen Tenne in offenen Schuppen 15 bis 20 cm dick ausgebreitet, und darauf mit so viel Gaswasser begossen, als sie aufzunehmen im Stande ist, dann wird der nasse Haufen von allen Seiten mit einer wiederum 15 bis 20 cm dicken Schicht trockener Reinigungsmasse beschüttet, welche dann wiederum mit Gaswasser durchfeuchtet und mit trockener Reinigungsmasse fest bedeckt wird, und so wird fortgefahren, schichtweise die Reinigungsmasse zu durchfeuchten, die letzte oberste Masse bleibt jedoch trocken, als Decke für das Ganze. Nach einigen Tagen der Ruhe wird der Haufen durch wiederholtes Umstechen getrocknet und ist dann zur Aufnahme neuer Mengen Wasser wieder geeignet. Selbstverständlich muss die Arbeit möglichst bei warmer und trockener Witterung vorgenommen und der Haufen vor Regen geschützt werden.

---

<sup>1)</sup> Journ. für Gasbeleuchtung 1884, S. 266.



Das Schwefelammon des Gaswassers wirkt auf das Eisenoxyd der Reinigungsmasse derartig, dass sich Schwefeleisenverbindungen bilden; diese werden durch den Sauerstoff der Luft oxydirt und es entsteht Eisensulfat. Die Verbindungen des Eisens mit der Schwefelsäure werden durch Einwirkung von Aetzammoniak, kohlensaurem Ammoniak und Schwefelammon aus dem Gaswasser derartig zersetzt, dass sich schwefelsaures Ammoniak einerseits und Eisenoxydhydrat nebst Schwefeleisen andererseits bilden, welche beide wieder geneigt sind, mit Hülfe des Sauerstoffs der Luft und mit den in der Masse enthaltenen Schwefelverbindungen schwefelsaure Salze zu bilden, die zum Festhalten und Binden der Ammoniakverbindungen dienen. Auf diese Art ist es möglich, in die Reinigungsmasse bis 32 Proc. schwefelsaures Ammoniak einzuführen, wodurch sie selbst auf grosse Strecken bei vollen Wagenladungen versendbar wird. Dabei können auch zugleich die Cyan-, Rhodan- und Schwefelverbindungen des Gaswassers und der Reinigungsmasse verwertbar gemacht werden. (Zu berücksichtigen ist dabei, dass dies Verfahren eine erhebliche Belästigung der Nachbarschaft veranlassen wird.)

Nach einem Vorschlage von A. Sternberg in Breslau (D. R.-P. 33 936) werden die Gasreinigungsmassen zunächst zur Gewinnung der Ammoniaksalze mit warmem Wasser von etwa 60° ausgelaugt, bis schwefelsaure und Rhodansalze im Waschwasser nicht mehr nachweisbar sind. Hierauf wird die Masse mit der drei- bis fünffachen theoretisch nothwendigen Menge wässrigem Ammoniak bei gewöhnlicher Temperatur behandelt. Die hierdurch erhaltene Lösung von Ferrocyanammonium kann in bekannter Weise auf Berlinerblau oder gelbes Blutlaugensalz verarbeitet werden.

Darstellung von Ammoniumnitrat und Natriumbicarbonat. Engl. P. 5919. 14./V. 1885. J. F. Chauce, Oldbury, Worcestershire.

Salpeter (Natronsalpeter) wird in Wasser gelöst und die Lösung durch Zufügen von Waschwasser vorhergehender Operationen alkalisch gemacht. Die Lösung wird filtrirt und das Filtrat mit einer äquivalenten Menge Ammoniak (in irgend welcher Form) behandelt. Ein Strom von Kohlensäure wird dann unter Druck in die Flüssigkeit geleitet, wobei doppelt kohlensaures Natron und salpetersaures Ammoniak entstehen. Das doppelt kohlensaure Natron wird aus der Flüssigkeit entfernt, gewaschen und getrocknet, während man die Lösung des salpetersauren Ammoniaks eindampft und auskrystallisirt. Zu der Nitratlösung giebt man zweckmässig wenig Salpetersäure behufs Umwandlung von etwa vorhandenem Carbonat oder Bicarbonat in Nitrat.

Gewinnung von Salmiak und Cyanverbindungen. Engl. P. 5495. 14./V. 1885. A. French, 29 Washington Terrace, North Shield.

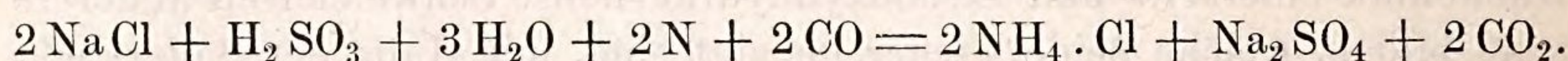
Geeignetes Material, wie Kohlen- oder Koksabfälle etc., welches Kohlenstoff und Stickstoff enthält, wird mit Chlornatrium (oder einem



anderen geeigneten Chlorid) und schwefliger Säure (oder einer Verbindung, welche bei der gegebenen Temperatur schweflige Säure liefert) in einem Strom von Dampf und Luft erhitzt. Die Reaction geschieht eventuell im Sinne der Gleichung:

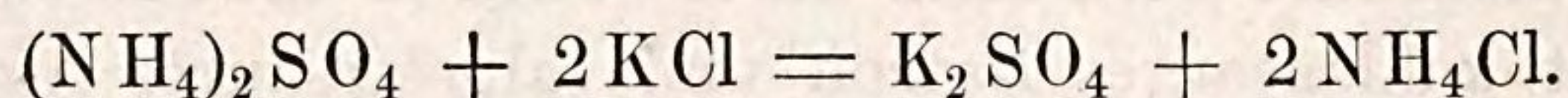


oder es können auch 2 Molecüle Kohlenoxyd die Kohle ersetzen:



Der Process erfolgt in einem Schachtofen mit einer Thür oben zum Beschicken, und einer Thür unten zum Entleeren, sowie mit Oeffnungen zum Einleiten von Luft und Dampf und schwefliger Säure (wenn dieselbe in Gasform verwendet wird). Der obere geschlossene Theil des Ofens communicirt mit Zügen und Kammern, in denen sich das Ammoniumchlorid absetzt. Die schweflige Säure selbst kann auch im Ofen selbst durch Zufügen von gemahlenem Pyrit etc. erzeugt werden. Das Chlornatrium, das nur in geringer Menge gebraucht wird, giebt man am besten in der Weise zu, dass man die Kohle etc. mit Kochsalzlösung oder mit Seewasser tränkt. Der Ofen kann continuirlich arbeiten, indem man oben frisch nachgiebt und unten die Asche zieht. Bei Verwendung von Kohlenklein kann der entstehende Russ gesammelt und als billiger Kienruss abgegeben werden. Eine geringe Menge des Stickstoffs verbindet sich mit Kohlenstoff, Chlor, Wasserstoff, Kohlenoxyd oder schwefliger Säure unter Bildung verschiedener Cyanverbindungen, welche, wenn sie in genügender Menge entstehen, nach bekannten Verfahren gewonnen werden können.

Th. Schmidtborn hat sich ein Verfahren zur Herstellung von Chlorammonium und Kaliumsulfat aus schwefelsaurem Ammonium und Chlorkalium patentiren lassen, das er in der Chemiker Zeitung Nr. 96, 1886, wie folgt, beschreibt. Dasselbe beruht auf der Eigenschaft des schwefelsauren Ammoniaks und des Chlorkaliums, sich (wenn in äquivalenten Verhältnissen und in geeigneter Weise bei Gegenwart von genügendem Wasser zusammengebracht) nach folgender Formel zu zersetzen:



Das Kaliumsulfat scheidet sich, wenn der Process durch gegenseitige Einwirkung concentrirter Flüssigkeiten, oder durch Einführung des einen der beiden Salze in festem Zustande, in eine hinreichend concentrirte Lösung des anderen Salzes bewirkt wird, sofort in reichlicher Menge in fester Form aus, während das Chlorammonium in der restirenden Lauge verbleibt und aus dieser durch Abdampfen und Krystallisation erhalten werden kann.

Das Verfahren ist in einem grossen Etablissement in den Vereinigten Staaten vor etwa 11 Monaten mit Erfolg — sowohl was Herstellung reiner Producte als auch billigen Herstellungspreis derselben betrifft —



eingeführt worden. Das vollständig ausgebildete Fabrikationssystem, wie es den in der Praxis gewonnenen Erfahrungen entspricht, soll nachstehend kurz entwickelt werden.

### Fabrikationsverfahren.

1. Zersetzung der Rohstoffe. In einem grossen, runden, mit Blei ausgeschlagenen Bottich, welcher etwa 320 Cubikfuss <sup>1)</sup> Inhalt besitzt und mit einem doppelten Siebboden und Ablassvorrichtung am Boden versehen ist, befindet sich ein Rührwerk, durch welches es ermöglicht ist, die in dem Gefässe befindlichen Flüssigkeiten, beziehungsweise Flüssigkeiten und Salzgemische, in fortwährender Bewegung zu erhalten. Die Erwärmung des betreffenden Inhaltes dieses Lösegefässes geschieht durch ein an den inneren Wandungen desselben angeordnetes System von Dampfzöhrn, welche aus starkwandigem Blei von 1½" lichter Weite bestehen. In diesen Löseapparat wird bei Beginn des Processes ein Quantum von etwa 2½ ton (5000 lbs.) schwefelsaures Ammoniak mit Wasser zu einer Flüssigkeit von ungefähr 18° Bé. (1,142 spec. Gew.) Concentration aufgelöst; bei continuirlicher Durchführung des Verfahrens wird später anstatt des Wassers die bei dem Auswaschen, bezw. Reinigungsverfahren des Kaliumsulfats, erhaltene Lauge zum Auflösen des schwefelsauren Ammoniaks verwendet. Die Flüssigkeit wird nun bis zum Siedepunkte erhitzt und auf dieser Temperatur fortwährend erhalten. Nach geschehener Erwärmung wird nach und nach die dem oben angegebenen Quantum schwefelsauren Ammoniaks entsprechende Menge Chlorkalium (am besten 95 bis 97-proc.) eingegeben und gleichzeitig das Rührwerk in Bewegung gesetzt. Es findet eine sofortige Umsetzung der beiden Salze in Chlorammonium und Kaliumsulfat statt. Letzteres schlägt sich in dem Maasse, in welchem es entsteht, sofort zum grössten Theil in amorphem Zustande nieder. Nachdem sämmtliches Chlorkalium eingegeben ist, wird bei stetiger Erwärmung die innige Vermengung des erhaltenen Lauge- und Salzgemisches durch das Rührwerk etwa 10 Minuten lang noch fortgesetzt, dann kann die Umsetzung als beendet angesehen werden, und bleibt alsdann der Inhalt des Gefässes, nachdem der Dampf der Heizvorrichtung, sowie der Rührapparat abgestellt sind, noch etwa eine Stunde zur Klärung stehen.

2. Gewinnung des Kaliumsulfats und Reinigung desselben. Nach Ablauf dieser Zeit wird die heisse Flüssigkeit durch den (mit einer Vorrichtung zur Vermeidung von Verstopfungen versehenen) Ablasshahn in ein Kühlgefäss, welches mit Blei ausgeschlagen

---

<sup>1)</sup> Die Maasse sind auf amerikanisches System zurückzuführen, ebenso entsprechen die Gewichte, die hier angeführt werden, den Gewichten, welche in den United States ebenfalls Geltung haben. Unter ton ist die short ton von 2000 Pfund verstanden. Dieselbe entspricht bekanntlich 907,1852 kg.



ist und etwa  $\frac{3}{5}$  des Inhaltes des Lösegefäßes besitzt, abgelassen, während der aus Kaliumsulfat bestehende Niederschlag sich auf dem etwa vier Zoll über dem eigentlichen Boden des Gefäßes angeordneten (mit Filtrirtüchern belegten) doppelten Siebboden vorfindet. Durch systematisches Auswaschen mit zu erwärmendem Wasser und unter Anwendung des Rührapparates gelingt es unschwer, das in fein zertheiltem Zustande befindliche Kaliumsulfat bis auf  $\frac{1}{2}$  Proc. von Ammoniaksalzen zu befreien. Auf diese Weise wird von vornherein und direct ein den Zersetzungsverhältnissen entsprechendes Quantum, bis zu 70 Proc. des gesammten schwefelsauren Kaliums gewonnen. Die bei der Reinigung des Sulfates entfallenden Waschlaugen werden in besondere Reservoirs geleitet und zur Auflösung neuer Quantitäten schwefelsauren Ammoniaks verwendet.

3. Behandlung der erhaltenen Laugen. Aus der zur Krystallisation gegebenen, das Chlorammonium, sowie den kleineren Theil des Kaliumsulfats enthaltenden heissen Flüssigkeit krystallisirt beim Erkalten weiter Kaliumsulfat aus, welches durch Waschen mit Wasser ebenfalls ganz rein erhalten wird. Die erkaltete Lauge wird sodann in geeigneten Abdampfgefäßen (mit Blei ausgeschlagen und mit Dampfrohren von Blei, an den inneren Wandungen angebracht, versehen) bis zur reichlichen Ausscheidung von Kaliumsulfat eingedampft. Die Abdampfgefäße, welche ich in dem erwähnten nordamerikanischen Etablissement einführte, hatten folgende Dimensionen: 10' Länge, 6' Breite und 2' Höhe. Die Dampfrohren von Blei hatten  $\frac{5}{8}$ " lichte Weite bei  $\frac{3}{8}$ " Wandstärke und waren in vier Windungen über einander (und an den Seiten des Gefäßes entlang laufend) angebracht. Für je 1 t täglicher Production von Salmiak waren nur zwei solcher Apparate zum Abdampfen der Laugen erforderlich.

Während das ausgeschiedene Kaliumsulfat fractionsweise mit dem in dem Lösegefäße befindlichen Kaliumsulfat vereinigt gereinigt wird, gelangt die genügend eingedampfte heisse Lauge in (mit Blei ausgeschlagene) Kühlgefäße und wird dort einer mehrere Tage erfordernden, langsamen und nicht durch Umrühren zu beschleunigenden Abkühlung unterworfen. Nach dem Erkalten wird die Mutterlauge abgelassen und in einem Reservoir zur späteren weiteren Eindampfung (in vorher beschriebener Weise vorzunehmen) angesammelt. Das in dem Krystallisirgefäße zurückgebliebene Salzgemenge jedoch wird wie nachstehend angegeben behandelt.

4. Behandlung des nach dem Eindampfen, beim Erkalten der Laugen auskrystallisirten Salzes. Das Salzgemenge, welches sich nach dem Ablassen der Mutterlauge in dem Kühlgefäße vorfindet, besteht aus zwei in ihrer Zusammensetzung verschiedenen Salzsichten, welche, deutlich unterscheidbar, sich ziemlich scharf durch Abheben von einander trennen lassen. Die obere Schicht, etwa  $\frac{3}{5}$  des Gesamtquantums repräsentirend, besteht aus Chlorammonium von ca. 94 Proc.,



verunreinigt mit 6 Proc. anderer Salze (hauptsächlich Kaliumsulfat mit etwas Natriumsulfat bzw. auch Kochsalz, aus der Verunreinigung des Chlorkaliums mit Kochsalz herrührend); die untere Schicht dagegen, etwa  $\frac{2}{5}$  des Quantums darstellend, aus einem Chlorammonium von etwa 78 Proc., verunreinigt mit etwa 22 Proc. Kaliumsulfat in krystallinischer Form. Während nun das 94proc. Chlorammonium der oberen Schicht durch einfaches Decken mit (anfänglich etwas zu erwärmendem) Wasser und durch mehrstündige Einwirkung desselben von den verunreinigenden Salzen, ohne Umkrystallisation, nahezu befreit werden kann und auf diese Weise in ein Salz, enthaltend 98 bis 99 Proc. Chlorammonium, übergeführt wird, ist das niedrigprocentige Chlorammonium der unteren Schicht einer Umkrystallisation — allerdings ohne Anwendung von Wasser, und dadurch ohne Vermehrung des einzudampfenden Laugequantums — behufs Gewinnung des Chlorammoniums in reinerer Form, unter gleichzeitiger Abscheidung (des grössten Theiles) des Kaliumsulfats zu unterwerfen. Die Umkrystallisation wird durch einfaches Einbringen des betreffenden Salzgemenges in erwärmte Lauge, deren Temperatur anhaltend auf 100 bis 110° C. zu erhalten ist, bewirkt. Es findet in der heissen Mutterlauge (welche etwa in dem Verhältnisse von 70 Cubikfuss zu 1½ t des zu behandelnden Salzgemisches angewendet wird) eine sehr rasch vor sich gehende Auflösung des Chlorammoniums statt, während von dem in Krystallform vorhandenen und sich deshalb nur sehr langsam lösenden Kaliumsulfat ein verhältnissmässig nur unbedeutender Theil von der heissen Lauge aufgenommen wird. Schon nach einigen Minuten kann aus der heissen Lauge, da dieselbe in der kurzen Zeit fast das sämmtliche, in dem Salzgemenge enthaltene Chlorammonium aufgenommen hat (bis auf ganz geringe Bruchtheile), das ungelöst zurückgebliebene reine krystallinische Kaliumsulfat herausgenommen werden. Man giebt am besten das zu behandelnde Salzgemenge in geeigneten, mit Bleiblech überzogenen und mit entsprechenden feinen Oeffnungen (um das Eindringen der Lauge von allen Seiten zu ermöglichen) versehenen Einsätzen in die Lauge ein. Als Gefäss zur Aufnahme der zu erhitzenden Lauge kann ein Abdampfgefäss von beschriebenen Dimensionen benutzt werden, in welches die betreffenden, zur Aufnahme des Salzgemenges dienenden Einsätze eingehängt werden. Nach Beendigung der Manipulation werden die Einsätze durch eine einfache Vorrichtung aus der mit dem Chlorammonium angereicherten Lauge gehoben, und kann das in denselben befindliche krystallinische Kaliumsulfat durch einfaches Waschen vollkommen rein erhalten werden. Die heisse Lauge scheidet Chlorammonium bei dem Erkalten wieder aus. Auf diese Weise kann die nämliche Mutterlauge zum Oeffteren zur Ausführung dieses Scheidungsprocesses benutzt werden.

5. Herstellung der Producte in marktfähigem Zustande. Centrifugirverfahren. Sowohl das Kaliumsulfat, als auch das Chlor-



ammonium werden behufs grösstmöglicher Entfernung der Mutterlauge centrifugirt. Während das Kaliumsulfat durch dieses Verfahren — es verbleiben nur noch einige Procente Feuchtigkeit in demselben — sogleich in marktfähigen Zustand versetzt wird, ist das Chlorammonium noch einer Nachtrocknung in einer geheizten Trockenkammer zu unterwerfen, um die letzten Procente Feuchtigkeit zu entfernen.

**Vorzüge des Verfahrens.** Die Vorzüge des geschilderten Verfahrens vor demjenigen, welches sich auf die schon seit Jahren bekannte Umsetzung des Kochsalzes mit Ammoniumsulfat gründet, bestehen in der viel prägnanter vor sich gehenden Reaction, der einfachen und billigeren Gewinnung reiner Producte und in dem wesentlichen Umstande, dass eine theilweise Rückzersetzung beim Erkalten der Laugen nicht eintritt. Ein wesentlicher Vorthail der Methode gegenüber der directen Bereitung aus Gaswasser und Salzsäure besteht darin, dass sogleich weisses, geruchloses, nahezu metallfreies Chlorammonium erhalten wird, dass nicht erst kostspielige Filtrations-, Fällungs- und Raffinirprocesse erforderlich sind, um Theer-, Pyrrol- und Metallverbindungen zu entfernen. Die Unabhängigkeit des Verfahrens von dem nicht immer und allerwärts erhältlichen Gaswasser dürfte ebenso in Betracht zu ziehen sein, wie der Umstand, dass keine Salzsäure aufzuwenden ist, während sich das einzukaufende Chlorkalium durch das erhaltene Kaliumsulfat mehr als bezahlt macht. Selbstverständlich ist das Verfahren nicht darauf berechnet, in dem Falle in Concurrrenz zu treten, in welchem Salzsäure und Gaswasser kostenfrei resp. sehr billig bezogen werden können.

Ueber die Blaufärbung von Ammonsulfat theilt Fabrikbesitzer Frère in Saint-Quentin Folgendes mit <sup>1)</sup>.

Er war überzeugt, dass die Blaufärbung nur durch die Verbindung der in dem Gaswasser enthaltenen Cyanüre mit dem Eisen der Schwefelsäure entstehe, in Folge dessen suchte er die Cyanüre auszuscheiden und zwar durch Condensation, indem er an den Destillirapparat eine lange eiserne Rohrleitung anbrachte, welche in einen Eisenblechcylinder mündete. Der Uebelstand wurde aber dadurch nicht vermindert, sondern vergrössert, da die Cyanüre die Eisenröhren stark angriffen und die gebildeten Körper mit in den Säurekasten gelangten. Frère brachte nun ein 4 m langes und 10 cm weites Bleirohr an den Destillirapparat an, welches mit einem zweiten Bleirohr von 5 cm Weite mit dem Säurekasten verbunden wurde.

Seit dieser Zeit wurde nur weisses Sulfat gewonnen.

Frère sucht die ganze Ursache in der eisernen Rohrleitung, da die vorgelegte Säure für die Blaufärbung nicht genügend Eisen enthalte.

---

<sup>1)</sup> Les corps gras industr. 1886, 13, 161.



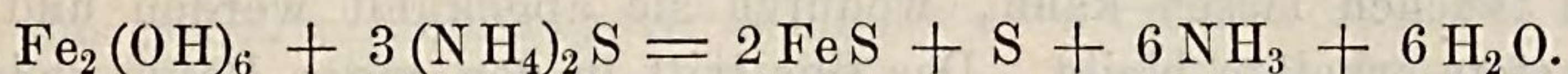
## Beseitigung des im Gaswasser enthaltenen Schwefelwasserstoffs.

Der bei der Destillation von Gaswasser entstehende Schwefelwasserstoff, sowie Kohlensäure etc., wird zum grössten Theil, wie dies schon bei den verschiedenen Apparaten erwähnt ist, verbrannt. Es verschwindet zwar Schwefelwasserstoff, aber es entsteht schweflige Säure etc. Viele Methoden sind nun in Vorschlag gebracht, die ich im Folgenden kurz aufzählen will.

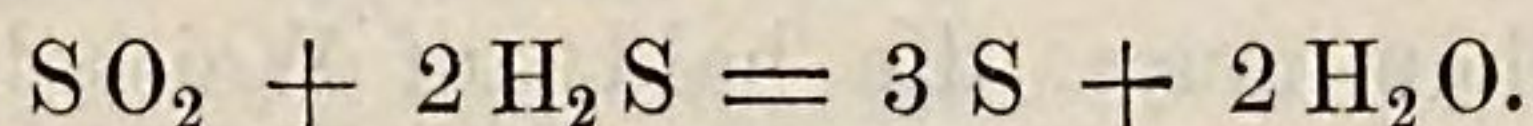
a. Zurückhalten des Schwefelwasserstoffs durch Kalk (s. unter Salmiakgeistfabrikation S. 72).

b. Zurückhalten durch Eisenoxydhydrat.

Eisenoxydhydrat und Schwefelammonium geben Schwefeleisen, Schwefel und freies Ammoniak:



c. Verbrennung eines Theiles des Schwefelwasserstoffgases und Zersetzung des entstandenen  $\text{SO}_2$  mit dem übrigen  $\text{H}_2\text{S}$  zu Wasser und Sulfat (Schaffner und Helbig):



Siehe Lunge's Sodaindustrie, II, 614.

d. Nach Peter Spence in Manchester (Engl. P. 1494) werden die Gase, die nach der Absorption des aus Gaswasser gewonnenen Ammoniaks durch Schwefelsäure übrig bleiben, Wasserdampf, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff, zunächst durch eiserne Kühlröhren geleitet, wo der Dampf condensirt wird. Der Schwefelwasserstoff wird dann verbrannt, indem die Gase in die Oefen geleitet werden, um zur Fabrikation von Schwefelsäure zu dienen.

e. Kuhnheim in Berlin (D.R.-P. 26 422) entfernt das Schwefelammonium aus dem Gaswasser, bevor dieses destillirt wird. Man lässt auf das rohe Gaswasser in kaltem Zustande einen intensiven und möglichst zertheilten Strom von atmosphärischer Luft einwirken. Hierbei findet eine Scheidung des Schwefelammoniums in Schwefelwasserstoff und Ammoniak statt. Der übergelassene Schwefelwasserstoff mit dem Ueberschuss von Luft wird durch fein zertheiltes Eisenoxydhydrat geleitet, welches in einer verdünnten Lösung von Erdalkalien suspendirt



ist. Es findet hierdurch eine vollständige Absorption des Schwefelwasserstoffs statt und gleichzeitige Zersetzung des gebildeten Schwefeleisens durch die oxydirende Wirkung der überschüssigen Luft, wobei sich Schwefel ausscheidet und wieder Eisenoxydhydrat gebildet wird.

f. Fällung des Schwefelammoniums durch Eisen oder Mangansalze vor der Destillation (Wagner's Jahresb. 1870, 749).

g. Absorption aus den entwickelten Gasen durch Kalk oder Eisenoxydhydrat in den gewöhnlichen Reinigern.

h. Verbrennung des Schwefelammoniums zu schwefligsaurem Ammoniak etc.

i. Chateau<sup>1)</sup> beschreibt den zu Arcueil angewendeten Apparat zur Deodorisation der bei der Darstellung von schwefelsaurem Ammoniak entweichenden Gase. Diese werden vermittelt eines Ventilators durch einen 5 m hohen Koksthurm gesaugt, in welchem eine Mischung von Eisenoxyd und Gyps vertheilt ist; über diese fliesst beständig eine Lösung von Eisenvitriol. Hier wird Ammoniak und Kohlensäure zurückgehalten. Aus dem Ventilator austretend, streichen die Gase über eine dünne Schicht Campher und dann in einen von M. Perret construirten Verbrennungsofen.

Die Roststäbe desselben sind um 1 mm von einander entfernt und dabei so hoch, dass man sie mit ihrem tiefsten Theile in ein Wassergefäss tauchen lassen kann, wodurch sie abgekühlt werden und ihre Form stets erhalten bleibt. Das Gas tritt in den engen Raum zwischen dem Wassergefässe und dem Roste ein. Auf diesem brennt Anthracitpulver, welches zum Theil durch den Gasstrom fortgerissen wird, aber doch vollständig verbrennt, weil das Gas durch Zickzackcanäle aus feuerfesten Fliesen streichen muss, die bald auf Weissgluth kommen. Bei dieser hohen Temperatur verbrennen Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium, Cyanverbindungen und alle anderen riechenden oder gefährlichen Gase ganz vollkommen, indem man hierfür wieder etwas Luft durch besondere Oeffnungen eintreten lässt. Die starke, hierbei entwickelte Hitze wird zur Feuerung eines Dampfkessels benutzt. Der Apparat steht in regelmässigem Betriebe und soll sehr gute Resultate liefern.

---

<sup>1)</sup> Bull. Soc. Chim. 36, 195; Lunge, Industrie der Steinkohlen-Theerdestillation 1882, S. 330.



## Reinigung und Klärung des Abflusswassers.

Das abdestillirte Gaswasser ist durch den Zusatz der Kalkmilch und die darin enthaltenen anderen organischen etc. Substanzen sehr verunreinigt und kann nicht so zum Abfluss in einen Fluss etc. gelangen.

Man lässt daher das Wasser erst in grosse mit Kies und Koks angefüllte Bassins laufen, um den Kalk zurückzuhalten, und von dort nochmals in Klärbassins. Auf diese Weise ist das Wasser zwar klar geworden, aber es enthält noch viele flüchtige organische Substanzen, die es nothwendig machen, es noch einer anderen Operation zu unterwerfen. Zuweilen ist ziemlich viel Carbolsäure darin enthalten und diese schadet ganz entschieden den in dem Flusse lebenden Fischen. Man lässt deshalb das geklärte Abflusswasser nochmals über Gradirwerke, wie bei der Salzfabrikation, laufen oder zerstäubt es aus ziemlicher Höhe, damit die flüchtige Carbolsäure während des Ueberlaufs- oder Zerstäubungsprocesses verflüchtigt. Ein so gereinigtes Wasser kann man ohne Anrichtung von Schaden weglaufen lassen.

Diese beschriebene Reinigungsmethode hatte Verfasser Gelegenheit auf den Ammoniakdestillationsanlagen von Dr. C. Otto & Cie. zu Dahlhausen zu sehen.



## Statistik.

H. Bunte <sup>1)</sup> bespricht die Entwerthung der Ammoniaksalze. Die Ammoniaksalze werden im Boden weniger leicht ausgewaschen als der Salpeter, wirken aber langsamer; der Preis wird wesentlich durch den des Chilisalpeters bedingt.

Die Einfuhr und Ausfuhr von Ammoniaksalzen und Chilisalpeter im Deutschen Zollgebiete betrug: <sup>2)</sup>

| Gegenstände                     | Einfuhr in 100 kg |           |           |           |           |
|---------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                 | 1882              | 1883      | 1884      | 1885      | 1886      |
| Schwefelsaures Ammoniak . .     | 341 175           | 278 866   | 359 669   | 350 692   | 365 584   |
| Ammoniaksalze u. Salmiakgeist . | 7 830             | 8 717     | 12 611    | 6 136     | 7 854     |
| Chilisalpeter . . .             | 1 269 184         | 1 661 846 | 2 006 475 | 1 567 650 | 1 881 147 |

| Gegenstände                     | Ausfuhr in 100 kg |        |        |        |        |
|---------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                 | 1882              | 1883   | 1884   | 1885   | 1886   |
| Schwefelsaures Ammoniak . .     | 1 042             | 1 688  | 900    | 2 067  | 1 521  |
| Ammoniaksalze u. Salmiakgeist . | 7 007             | 10 354 | 10 582 | 9 270  | 11 617 |
| Chilisalpeter . . .             | 21 363            | 20 915 | 9 599  | 24 304 | 28 815 |

Das schwefelsaure Ammoniak steht unter den wichtigsten Einfuhrartikeln, und der Chilisalpeter zeigt nach dem Erdöle die höchste Ziffer unter allen in Deutschland eingeführten chemischen Producten.

Eine Vergleichung von Ein- und Ausfuhr zeigt ferner, dass die letztere bei dem schwefelsauren Ammoniak und dem Chilisalpeter gegenüber nur gering ist, dass also bis auf einen verschwindenden Theil deren ganze Menge in Deutschland verbraucht wird, während die Ammoniaksalze, Salmiakgeist, Salmiak u. s. w. mit nahezu gleichen Beträgen in Ein- und Ausfuhr erscheinen.

<sup>1)</sup> Journ f. Gasbeleuchtung, 1885, S. 774. <sup>2)</sup> Wagner's Jahresb. 1885, S. 228.



Besonders bemerkenswerth ist der Vergleich der hauptsächlich aus englischen Häfen nach Deutschland eingeführten Mengen von Ammoniaksalzen mit der in Deutschland selbst dargestellten Menge, welche nach zuverlässiger Schätzung von Dr. Grüneberg auf etwa 10 000 Tonnen angegeben werden kann. Es zeigt sich hieraus, dass im Jahre 1884 von der Gesamtmenge des im Deutschen Zollgebiete verbrauchten schwefelsauren Ammoniaks noch nicht  $\frac{1}{3}$  im Inlande dargestellt wird, während über  $\frac{2}{3}$  vom Auslande eingeführt werden. Nimmt man an, dass gegenwärtig in Deutschland rund 1 700 000 Tonnen Gaskohlen verarbeitet werden, so könnten aus dem erhaltenen Gaswasser bei einer Ausbeute von 1 Procent überhaupt nur 17 000 Tonnen schwefelsaures Ammoniak erhalten werden, oder noch nicht die Hälfte der in Deutschland zu landwirthschaftlichen Zwecken jährlich verbrauchten Salzmenge. Dass bei dieser Sachlage die grössere oder geringere Erzeugung von Ammoniaksalzen seitens der Gasanstalten im Inlande auf den Preis derselben keinen Ausschlag gebenden Einfluss, abgesehen von den örtlichen Verhältnissen, ausüben kann, liegt auf der Hand; es ist vielmehr neben den übrigen stickstoffhaltigen Düngemitteln (Guano) in erster Linie der Chilisalpeter, für dessen Bezug Deutschland ausschliesslich auf das Ausland angewiesen ist, welcher den Preis der Ammoniaksalze auf dem Weltmarkte bestimmt. 100 kg schwefelsaures Ammoniak kosteten im Jahre 1882 noch 40,85 Mk., im December 1884 nur noch 26,20 Mk. Zu berücksichtigen ist ferner, dass neuerdings auch Kokereien Ammoniumsulfat als Nebenproduct gewinnen. Da ein Ofen jährlich etwa 9 Tonnen Sulfat liefert, so würden 4000 Koksöfen erforderlich sein, um die Einfuhr zu decken. Absatzquellen für Ammoniak sind noch die Eismaschinen und Ammoniaksodafabriken.

Nach M. Märker <sup>1)</sup> werden die Ammoniaksalze erst dann berufen sein, als Concurrenten des Chilisalpeters aufzutreten, wenn sie wesentlich billiger sind als der Chilisalpeter, so dass man für denselben Preis grössere Ammoniakstickstoffmengen verwenden kann, als Chilisalpeterstickstoff. Unter diesen Verhältnissen aber wird dem Chilisalpeter hoffentlich in den nächsten Jahren durch die Ammoniaksalze ein schwer wiegender Wettbewerb erwachsen, welcher mit um so grösserer Freude zu begrüssen ist, als derselbe von der einheimischen Erzeugung ausgeht.

Thatsächlich kosteten am 20. Juni 1886 100 kg Chilisalpeter in Hamburg 20,60 Mk., Ammoniumsulfat 24,50 Mk., somit ein Kilogramm Stickstoff im Salpeter 131 Pfennige, im Ammoniaksalz nur 119 Pfennige.

---

<sup>1)</sup> Journ. f. Gasbeleuchtung, 1885, S. 805.



## Analytisches.

### I. Bestimmung des Ammoniaks.

#### A. Qualitative Bestimmung.

Das Ammoniak hat einen so charakteristischen Geruch, dass es sich überall, wo es in nicht zu kleiner Menge vorkommt, durch seinen Geruch zu erkennen giebt. Da alle Ammoniaksalze, wenn eine starke Base, wie Natron oder Kalk, auf dieselben wirkt, Ammoniak abgeben, so ist der Geruch des Ammoniaks auch das Mittel, das Vorhandensein von Ammoniumsalzen nachzuweisen.

Ammoniak bläut rothes Lackmuspapier und färbt gelbes Curcumpapier braun. Mit Salzsäure in Berührung gebracht, entstehen weisse Dämpfe (Salmiak).

Platinchlorid bewirkt einen gelben Niederschlag  $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$  in neutraler und saurer Lösung, schwer löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol.

Weinsteinsäure oder saures weinsaures Natron im Ueberschuss, bewirkt in neutraler concentrirter Lösung weissen krystallinischen Niederschlag von  $\text{NH}_4\text{HC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ , löslich in viel Wasser, in Kalilauge und in Mineralsäuren.

Salpetersaures Quecksilberoxydul bewirkt auch bei sehr wenig Ammoniak einen schwarzen Niederschlag von  $\left(\text{Hg}_2 \begin{smallmatrix} \text{NO}_3 \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix}\right)$ .

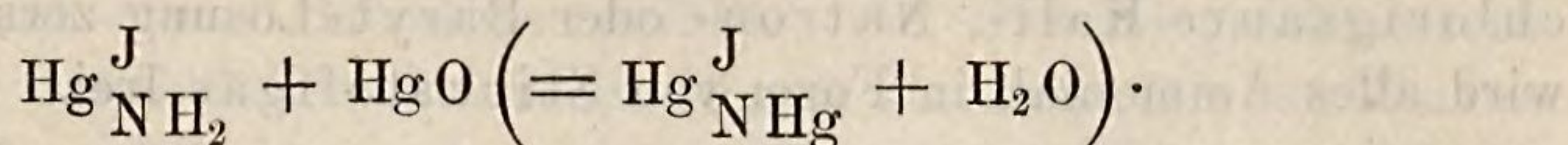
Quecksilberchlorid bewirkt einen weissen Niederschlag von  $\left(\text{Hg} \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix}\right)$ .

Das empfindlichste Reagens verdanken wir Nessler.

Das Reagens ist eine alkalische Quecksilberkaliumjodidlösung und wird folgendermaassen bereitet: 50 g Jodkalium werden in 50 ccm heissem Wasser gelöst; ebenso 25 g Quecksilberchlorid. Beide Lösungen giesst man so lange unter einander, als der entstehende rothe Niederschlag sich noch lösen kann. Fängt der Niederschlag an bleibend zu werden, so filtrirt man und giebt eine Lösung von 150 g Kalilauge in 300 ccm Wasser hinzu; man giesst noch einige Cubikcentimeter Quecksilberchlorid hinzu und verdünnt mit Wasser auf 1 Liter.



Wird ein Theil dieser Flüssigkeit mit einer Lösung, welche Ammoniak oder ein Ammoniaksalz enthält, hinzugebracht, so entsteht ein röthlichbrauner Niederschlag von der Zusammensetzung:



Bei sehr geringen Mengen entsteht eine gelbe Färbung; Erwärmung begünstigt die Reaction.

Mit diesem Reagens ist noch ein Millionstel Ammoniak in irgend einer Lösung nachweisbar.

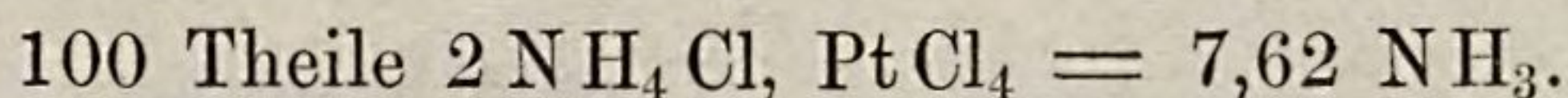
## B. Quantitative Bestimmung.

Die quantitative Bestimmung des Ammoniaks ist je nach den zu untersuchenden Verbindungen verschieden.

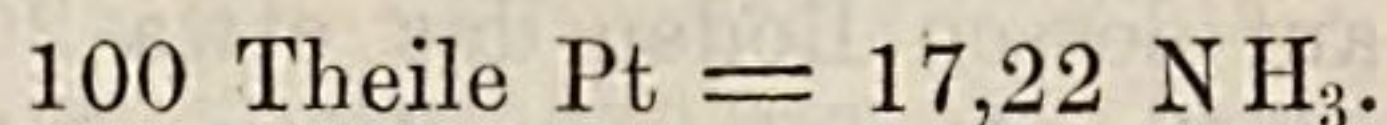
In allen Verbindungen, welche beim Behandeln mit Salzsäure und Eindampfen in Chlorammonium verwandelt werden, kann man die Menge des Ammoniums aus dem Gewichte des so erhaltenen Salmiaks finden.

100 Salmiak enthalten 33,65 Ammonium ( $\text{NH}_4$ ), entsprechend 31,77 Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ).

Aus allen in Wasser löslichen Ammoniumverbindungen lässt sich das Ammoniak durch Platinchlorid als Ammonium-Platinchlorid bestimmen, wenn die frei werdende Säure in Alkohol löslich ist. Man bringt etwa 0,5 bis 1 g des zu untersuchenden Salzes in Lösung, giebt zu der Lösung eine Lösung von reinem Platinchlorid im Ueberschuss hinzu, und dampft im Wasserbade bis zur Syrupconsistenz ein, setzt absoluten Alkohol hinzu, lässt einige Zeit stehen und bringt den entstandenen Niederschlag auf ein getrocknetes und gewogenes Filter, wäscht mit Alkohol tüchtig aus, trocknet bei  $110^\circ$  und wägt:



Statt den Platinsalmiak bis zum constanten Gewicht zu trocknen, kann man ihn auch auf einem nicht gewogenen Filter sammt Niederschlag in einem gewogenen Platintiegel so lange glühen, bis vollständige Zersetzung erfolgt ist und das rückständige Platin wägen:



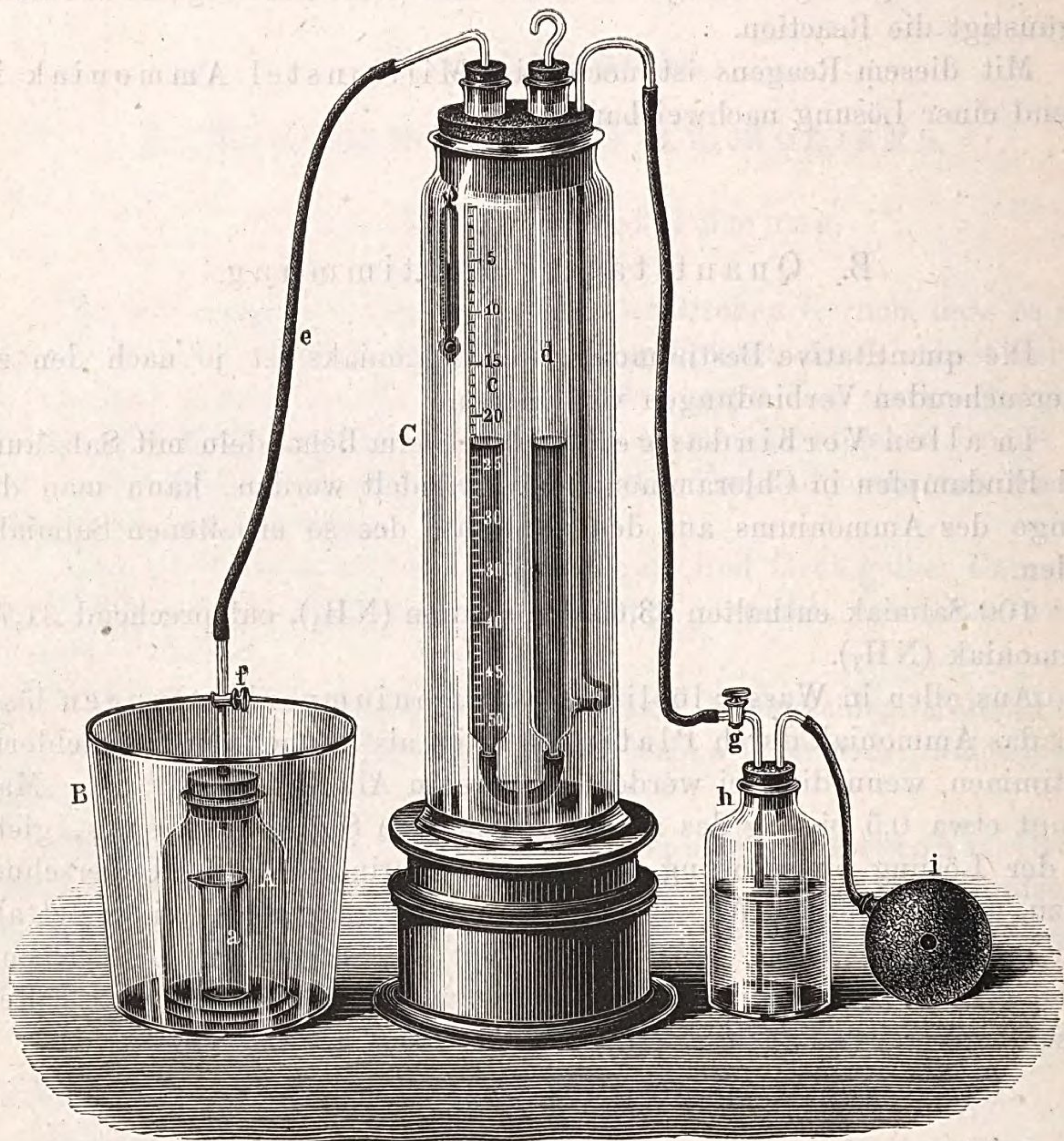
In vielen Laboratorien wendet man die Will-Varrentrapp'sche Methode an; sie gründet sich auf Zersetzung der Ammoniakverbindungen durch alkalische Basen, Aufsaugen des frei werdenden Ammoniaks in Säuren und Bestimmung desselben mit Platinchlorid oder Titration. Die Methode ist veraltet und ungenau. Zur raschen und ziemlich genauen Bestimmung des Ammoniaks bedient man sich sehr gut des Knop'schen



Azotometers, modificirt von Wagner<sup>1)</sup>. Die Bestimmung gründet sich auf Messung des aus Ammoniaksalzen frei werdenden Stickstoffs.

Alle Ammoniaksalze werden durch eine bromirte unter-chlorigsäure Kali-, Natron- oder Baryt-Lösung zersetzt und zwar wird alles Ammoniak in Form von Stickstoffgas frei.

Fig. 31.



Man bedient sich zur Ausführung der Methode des Azotometers (Fig. 31).

*A* ist ein zur Aufnahme der bromirten Lauge dienendes, circa 200 ccm fassendes Glasgefäß, auf dessen Boden das etwa 20 ccm fassende Cylinderchen *a*, in welches die abgemessene Ammoniaksalzlösung gegossen wird, festgeschmolzen ist. Der Hals des Entwicklungsgefäßes ist rauh geschliffen, damit eine Verschiebung des fest und tief einzudrückenden Kautschukstopfens unmöglich wird. *B* ist ein Glasgefäß, welches ungefähr vier Liter Wasser enthält. *C* ein hoher mit Wasser und etwas

<sup>1)</sup> Wagner, Düngcrfabrikation.



Salzsäure (letztere zur Verhütung von Pilzbildung) gefüllter Cylinder, dessen Deckel die communicirenden Büretten *c* und *d* und ein kleines Thermometer trägt. Die Büretten und das sie speisende Gefäss *h* sind mit Wasser und etwas Salzsäure gefüllt. In das festgeschmolzene Cylinderchen *a* des Gefässes *A* werden 10 ccm der zu prüfenden Ammoniaksalzlösung<sup>1)</sup> gebracht, und mittelst eingesetzten Trichters 50 ccm Bromlauge in den weiteren Raum des Zersetzungsgefässes gegossen. Nachdem der Kautschukstopfen fest eingedrückt ist, wird das Gefäss in den mit etwa vier Liter Wasser gefüllten Behälter eingesetzt. Der Glashahn *f* wird darauf etwas gelöst, die Büretten *c d* durch Zusammendrücken des Kautschukballons *i* unter gleichzeitigem Oeffnen des Glashahnes *g* gefüllt, und durch Ablassen bei *g* der Flüssigkeitsspiegel auf 0 eingestellt. Nach etwa 10 Minuten wird der etwas gefettete Glashahn *f* wieder fest eingedrückt und geöffnet gehalten, so dass die im Gefässe *A* eingeschlossene Luft mit *c* in Communication bleibt. Man wartet etwa 5 Minuten und beobachtet dann, ob der Flüssigkeitsspiegel in *c* gestiegen ist; ist dies der Fall, so wird der Glashahn *f* nochmals gelüftet, wieder eingedrückt und abermals 5 Minuten gewartet. Ist der Flüssigkeitsspiegel auf 0 stehen geblieben, so hat das Entwicklungsgefäss mit seinem Inhalt (unter gleichzeitiger durch die Bromlauge bewirkter Kohlendioxydabsorption) aus der eingeschlossenen Luft die Temperatur des umgebenden Wassers angenommen.

Man lässt nun durch Oeffnen des Glashahnes *g* etwa 30 bis 40 ccm Flüssigkeit abfliessen, nimmt das Entwicklungsgefäss aus dem Wasser, neigt es, so dass von dem Inhalt des Cylinderchens *a* ein kleiner Theil ausfliesst, dessen Vermischung mit der Bromlauge man durch Schwenken befördert, und wiederholt dies, bis der grösste Theil der ammoniakhaltigen Flüssigkeit ausgeflossen und zersetzt ist. Darauf schliesst man den Glashahn *f*, schüttelt das Zersetzungsgefäss heftig, öffnet *f*, um den frei gewordenen Stickstoff austreten zu lassen, schliesst wieder und schüttelt nochmals, bis beim Oeffnen des Glashahns der Wasserspiegel in *c* nicht mehr sinkt (dreimaliges Schütteln ist ausreichend) und stellt das Entwicklungsgefäss wieder in das Kühlwasser. Nach etwa 15 bis 20 Minuten hat das Entwicklungsgefäss mit seinem Inhalt wieder die frühere Temperatur (nämlich die des Kühlwassers) angenommen, während das in *c* eingetretene Gas die durch das eingehängte Thermometer angezeigte Temperatur des im Cylinder *c* befindlichen Wassers erhalten hat. Nachdem durch Ablassen bei *g* der Flüssigkeitsstand in *c* und *d* gleichgestellt ist, wird das entwickelte Stickstoffvolum, die Temperatur des im Cylinder *C* enthaltenen Wassers, sowie der Barometerstand notirt. Das ge-

---

<sup>1)</sup> Zur Bestimmung des schwefelsauren Ammoniaks werden 10 g in  $\frac{1}{2}$  Liter gelöst und 10 ccm im Azotometer zersetzt. Das Gewicht des gefundenen Stickstoffs in Grammen mit 500 multiplicirt, giebt den Stickstoffgehalt in Procenten an.



fundene Volum wird auf 0° und 760 mm Druck reducirt, und mit dem Gewichte eines Cubikcentimeters Stickstoff = 0,0012566 g oder 1 ccm Ammoniakgas = 0,001525 g multiplicirt, und daraus also das Gewicht des enthaltenen Stickstoffs berechnet.

Um diese Rechnungen zu ersparen, hat Dietrich Tabellen berechnet:

Gebrauch der Tabellen: Es sei gefunden: Entwickeltes Stickgas 22 ccm; Temperatur 16°; Barometerstand 756 mm; dann sind nach Tabelle I. in der Flüssigkeit des Zersetzungsgefässes 0,58 ccm Stickstoff gelöst geblieben, und beträgt das Gewicht von 1 ccm des gefundenen Stickstoffvolumens nach Tabelle II. 1,15969 mg. Das Gewicht des aus der angewandten Substanz erhaltenen  $(22,0 \text{ ccm} + 0,58 \text{ ccm}) = 22,58 \text{ ccm}$  Stickstoffs beträgt demnach  $(22,58 \times 1,15969) = 26,19 \text{ mg}$ .

Das Azotometer arbeitet bei richtiger Handhabung sehr genau. Die dazu nöthige bromirte Lösung erhält man, indem man 100 g Natronhydrat in 250 ccm Wasser löst, kalt werden lässt und der Lauge 25 ccm Brom beimischt.

50 ccm dieser Lösung reichen hin, um 150 ccm Stickstoffgas aus einer Salmiaklösung zu entwickeln.

Der Beachtung sei noch das Folgende empfohlen: Um richtige Resultate zu erzielen, ist es selbstverständlich nothwendig, dass die im Zersetzungsgefäss enthaltene Luft, welche nach stattgehabter Zersetzung des Ammoniaksalzes sich erwärmt hat, auf genau dieselbe Temperatur zurückgebracht werde, welche sie unmittelbar vor Beginn der Reaction hatte.

Dieser höchst wichtigen Forderung wird aber nur dann genügt, wenn das Kühlwasser während der ganzen Dauer des Versuches eine constante Temperatur enthält. Die Temperatur des Kühlwassers wird nun aber durch folgende zwei Momente alterirt.

1. Differenzen, welche etwa zwischen der Temperatur der Zimmerluft und der des Kühlwassers bestehen, suchen sich auszugleichen. Der hieraus für die Methode zu befürchtende Fehler ist dadurch zu eliminiren, dass man ein Wasser von annähernd Zimmertemperatur zum Kühlen verwendet.

2. Die beim Zersetzungs Vorgang entwickelte Wärme geht in das Kühlwasser über, woraus eine Fehlerquelle entsteht, die man nicht vollständig eliminiren kann. Der Fehler wird aber verschwindend klein, wenn man das im Entwicklungsgefäss erzeugte Wärmequantum auf eine sehr grosse Wassermenge vertheilt. Bei Anwendung von vier Litern Wasser wird der Fehler so gering, dass er keinen bemerkbaren Einfluss auf das Resultat ausübt.

Durch Anwendung von Eiswasser zur Kühlung wäre man im Stande, eine absolute Constanz der Temperatur herzustellen, auch die schnell kühlende Wirkung des Eiswassers würde den Gebrauch desselben sehr empfehlen; allein die durch die Brom-Natronlauge bewirkte Stickstoff-



absorption wird bei dieser Temperatur erheblich grösser sein, als den Dietrich'schen Zahlen entspricht, und müsste erst besonders festgestellt werden.

### I. Dietrich's Tabelle für die Absorption des Stickgases

in 60 ccm Entwicklungsflüssigkeit (50 ccm Brom-Natronlauge + 10 Wasser) bei einem spec. Gewicht der Lauge von 1,1 und einer Stärke, dass 50 ccm 200 mg Stickstoff entsprechen bei einer Entwicklung von 1 bis 100 ccm Gas.

|                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Entwickelt . . | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Absorbirt . .  | 0,06 | 0,08 | 0,11 | 0,13 | 0,16 | 0,18 | 0,21 | 0,23 | 0,26 | 0,28 |
| Entwickelt . . | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   |
| Absorbirt . .  | 0,31 | 0,33 | 0,36 | 0,38 | 0,41 | 0,43 | 0,46 | 0,48 | 0,51 | 0,53 |
| Entwickelt . . | 21   | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |
| Absorbirt . .  | 0,56 | 0,58 | 0,61 | 0,63 | 0,66 | 0,68 | 0,71 | 0,73 | 0,76 | 0,78 |
| Entwickelt . . | 31   | 32   | 33   | 34   | 35   | 36   | 37   | 38   | 39   | 40   |
| Absorbirt . .  | 0,81 | 0,83 | 0,86 | 0,88 | 0,91 | 0,93 | 0,96 | 0,98 | 1,01 | 1,03 |
| Entwickelt . . | 41   | 42   | 43   | 44   | 45   | 46   | 47   | 48   | 49   | 50   |
| Absorbirt . .  | 1,06 | 1,08 | 1,11 | 1,13 | 1,16 | 1,18 | 1,21 | 1,23 | 1,26 | 1,28 |
| Entwickelt . . | 51   | 52   | 53   | 54   | 55   | 56   | 57   | 58   | 59   | 60   |
| Absorbirt . .  | 1,31 | 1,33 | 1,36 | 1,38 | 1,41 | 1,43 | 1,46 | 1,48 | 1,51 | 1,53 |
| Entwickelt . . | 61   | 62   | 63   | 64   | 65   | 66   | 67   | 68   | 69   | 70   |
| Absorbirt . .  | 1,56 | 1,58 | 1,61 | 1,63 | 1,66 | 1,68 | 1,71 | 1,73 | 1,76 | 1,78 |
| Entwickelt . . | 71   | 72   | 73   | 74   | 75   | 76   | 77   | 78   | 79   | 80   |
| Absorbirt . .  | 1,81 | 1,83 | 1,86 | 1,88 | 1,91 | 1,93 | 1,96 | 1,98 | 2,01 | 2,03 |
| Entwickelt . . | 81   | 82   | 83   | 84   | 85   | 86   | 87   | 88   | 89   | 90   |
| Absorbirt . .  | 2,06 | 2,08 | 2,11 | 2,13 | 2,16 | 2,18 | 2,21 | 2,23 | 2,26 | 2,28 |
| Entwickelt . . | 91   | 92   | 93   | 94   | 95   | 96   | 97   | 98   | 99   | 100  |
| Absorbirt . .  | 2,31 | 2,33 | 2,36 | 2,38 | 2,41 | 2,43 | 2,46 | 2,48 | 2,51 | 2,53 |



II. Dietrich's Tabelle für die Gewichte eines Cubikcentimeters Stickstoff  
in Milligrammen bei einem Drucke von 720 bis 770 Millimeter, und bei den Temperaturen 10 bis 25° Celsius.

| Temp.<br>0° C. | 720 mm  | 722 mm  | 724 mm  | 726 mm  | 728 mm  | 730 mm  | 732 mm  | 734 mm  | 736 mm  | 738 mm  | 740 mm  | 742 mm  | 744 mm  |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 10             | 1,13380 | 1,13699 | 1,14018 | 1,14337 | 1,14656 | 1,14975 | 1,15294 | 1,15613 | 1,15932 | 1,16251 | 1,16570 | 1,16889 | 1,17208 |
| 11             | 1,12881 | 1,13199 | 1,13517 | 1,13835 | 1,14153 | 1,14471 | 1,14789 | 1,15107 | 1,15424 | 1,15742 | 1,16060 | 1,16378 | 1,16696 |
| 12             | 1,12376 | 1,12693 | 1,13010 | 1,13326 | 1,13643 | 1,13960 | 1,14277 | 1,14593 | 1,14910 | 1,15227 | 1,15543 | 1,15860 | 1,16177 |
| 13             | 1,11875 | 1,12191 | 1,12506 | 1,12822 | 1,13138 | 1,13454 | 1,13769 | 1,14085 | 1,14401 | 1,14716 | 1,15032 | 1,15348 | 1,15663 |
| 14             | 1,11369 | 1,11684 | 1,11999 | 1,12313 | 1,12628 | 1,12942 | 1,13257 | 1,13572 | 1,13886 | 1,14201 | 1,14515 | 1,14830 | 1,15145 |
| 15             | 1,10859 | 1,11172 | 1,11486 | 1,11799 | 1,12113 | 1,12426 | 1,12739 | 1,13053 | 1,13366 | 1,13680 | 1,13993 | 1,14306 | 1,14620 |
| 16             | 1,10346 | 1,10658 | 1,10971 | 1,11283 | 1,11596 | 1,11908 | 1,12220 | 1,12533 | 1,12845 | 1,13158 | 1,13470 | 1,13782 | 1,14095 |
| 17             | 1,09828 | 1,10139 | 1,10450 | 1,10761 | 1,11073 | 1,11384 | 1,11695 | 1,12006 | 1,12317 | 1,12629 | 1,12940 | 1,13251 | 1,13562 |
| 18             | 1,09304 | 1,09614 | 1,09924 | 1,10234 | 1,10544 | 1,10854 | 1,11165 | 1,11475 | 1,11785 | 1,12095 | 1,12405 | 1,12715 | 1,13025 |
| 19             | 1,08774 | 1,09083 | 1,09392 | 1,09702 | 1,10011 | 1,10320 | 1,10629 | 1,10938 | 1,11248 | 1,11557 | 1,11866 | 1,12175 | 1,12484 |
| 20             | 1,08246 | 1,08554 | 1,08862 | 1,09170 | 1,09478 | 1,09786 | 1,10094 | 1,10402 | 1,10710 | 1,11018 | 1,11327 | 1,11635 | 1,11943 |
| 21             | 1,07708 | 1,08015 | 1,08322 | 1,08629 | 1,08936 | 1,09243 | 1,09550 | 1,09857 | 1,10165 | 1,10472 | 1,10779 | 1,11086 | 1,11393 |
| 22             | 1,07166 | 1,07472 | 1,07778 | 1,08084 | 1,08390 | 1,08696 | 1,09002 | 1,09308 | 1,09614 | 1,09921 | 1,10227 | 1,10533 | 1,10839 |
| 23             | 1,06616 | 1,06921 | 1,07226 | 1,07531 | 1,07836 | 1,08141 | 1,08446 | 1,08751 | 1,09056 | 1,09361 | 1,09666 | 1,09971 | 1,10276 |
| 24             | 1,06061 | 1,06365 | 1,06669 | 1,06973 | 1,07277 | 1,07581 | 1,07885 | 1,08189 | 1,08493 | 1,08796 | 1,09100 | 1,09404 | 1,09708 |
| 25             | 1,05499 | 1,05801 | 1,06104 | 1,06407 | 1,06710 | 1,07013 | 1,07316 | 1,07619 | 1,07922 | 1,08225 | 1,08528 | 1,08831 | 1,09134 |

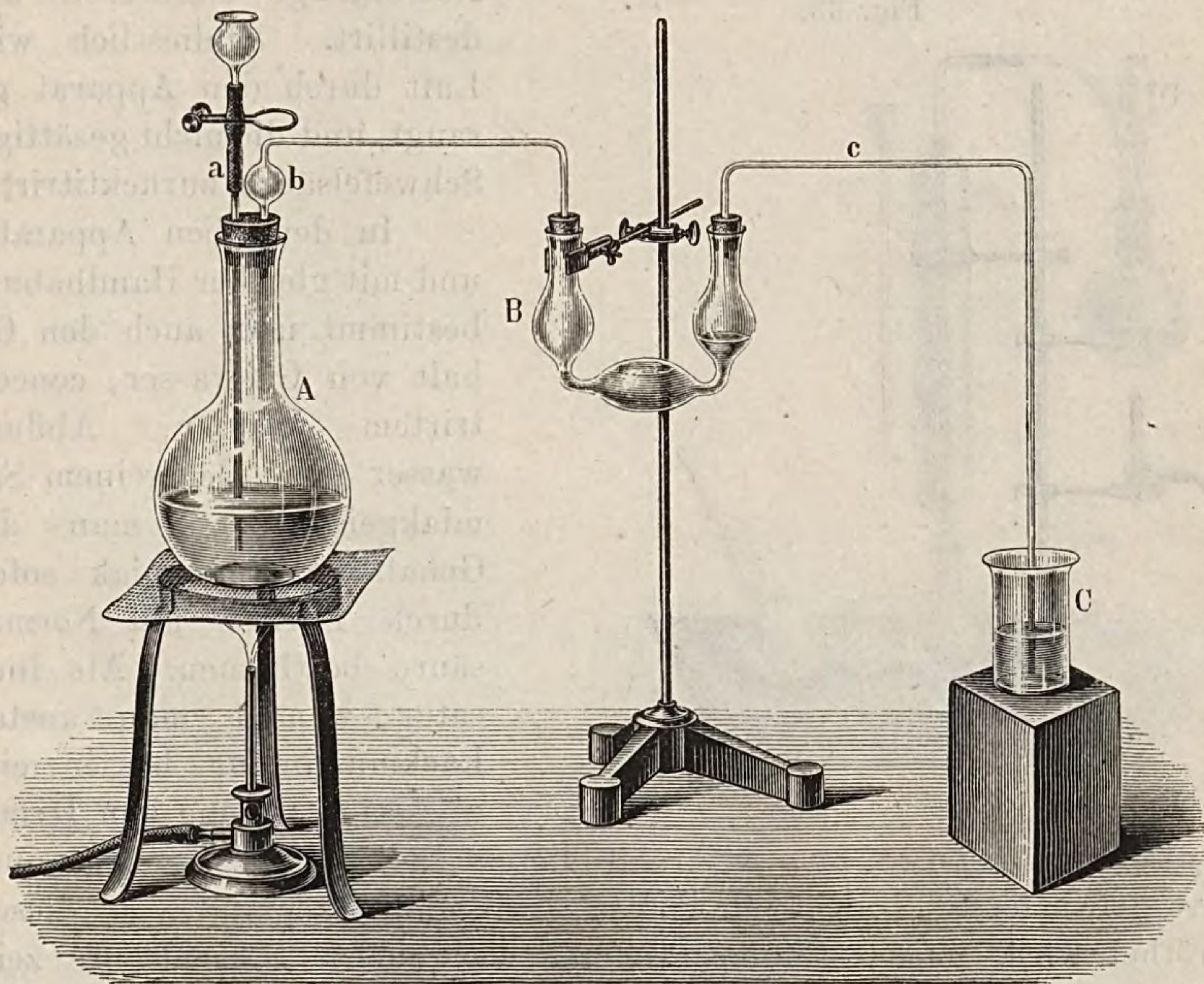
| Temp.<br>0° C. | 746 mm  | 748 mm  | 750 mm  | 752 mm  | 754 mm  | 756 mm  | 758 mm  | 760 mm  | 762 mm  | 764 mm  | 766 mm  | 768 mm  | 770 mm  |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 10             | 1,17527 | 1,17846 | 1,18165 | 1,18484 | 1,18803 | 1,19122 | 1,19441 | 1,19760 | 1,20079 | 1,20398 | 1,20717 | 1,21036 | 1,21355 |
| 11             | 1,17014 | 1,17332 | 1,17650 | 1,17168 | 1,18286 | 1,18603 | 1,18921 | 1,19239 | 1,19557 | 1,19875 | 1,20193 | 1,20511 | 1,20829 |
| 12             | 1,16493 | 1,16810 | 1,17127 | 1,17444 | 1,17760 | 1,18077 | 1,18394 | 1,18710 | 1,19027 | 1,19344 | 1,19660 | 1,19977 | 1,20294 |
| 13             | 1,15979 | 1,16295 | 1,16611 | 1,16926 | 1,17242 | 1,17558 | 1,17873 | 1,18189 | 1,18505 | 1,18820 | 1,19136 | 1,19452 | 1,19768 |
| 14             | 1,15459 | 1,15774 | 1,16088 | 1,16403 | 1,16718 | 1,17032 | 1,17347 | 1,17661 | 1,17976 | 1,18291 | 1,18605 | 1,18920 | 1,19234 |
| 15             | 1,14933 | 1,15247 | 1,15560 | 1,15873 | 1,16187 | 1,16500 | 1,16814 | 1,17127 | 1,17440 | 1,17754 | 1,18067 | 1,18381 | 1,18694 |
| 16             | 1,14407 | 1,14720 | 1,15032 | 1,15344 | 1,15657 | 1,15969 | 1,16282 | 1,16594 | 1,16906 | 1,17219 | 1,17531 | 1,17844 | 1,18156 |
| 17             | 1,13873 | 1,14185 | 1,14496 | 1,14807 | 1,15118 | 1,15429 | 1,15741 | 1,16052 | 1,16363 | 1,16674 | 1,16985 | 1,17297 | 1,17608 |
| 18             | 1,13335 | 1,13645 | 1,13955 | 1,14266 | 1,14576 | 1,14886 | 1,15196 | 1,15506 | 1,15816 | 1,16126 | 1,16436 | 1,16746 | 1,17056 |
| 19             | 1,12794 | 1,13103 | 1,13412 | 1,13721 | 1,14030 | 1,14340 | 1,14649 | 1,14958 | 1,15267 | 1,15576 | 1,15886 | 1,16195 | 1,16504 |
| 20             | 1,12251 | 1,12559 | 1,12867 | 1,13175 | 1,13483 | 1,13791 | 1,14099 | 1,14408 | 1,14716 | 1,15024 | 1,15332 | 1,15640 | 1,15948 |
| 21             | 1,11700 | 1,12007 | 1,12314 | 1,12621 | 1,12928 | 1,13236 | 1,13543 | 1,13850 | 1,14157 | 1,14464 | 1,14771 | 1,15078 | 1,15385 |
| 22             | 1,11145 | 1,11451 | 1,11757 | 1,12063 | 1,12369 | 1,12675 | 1,12982 | 1,13288 | 1,13549 | 1,13900 | 1,14206 | 1,14512 | 1,14818 |
| 23             | 1,10581 | 1,10886 | 1,11191 | 1,11496 | 1,11801 | 1,12106 | 1,12411 | 1,12716 | 1,13021 | 1,13326 | 1,13631 | 1,13936 | 1,14241 |
| 24             | 1,10012 | 1,10316 | 1,10620 | 1,10924 | 1,11228 | 1,11532 | 1,11835 | 1,12139 | 1,12443 | 1,12747 | 1,13051 | 1,13355 | 1,13659 |
| 25             | 1,09437 | 1,09740 | 1,10043 | 1,10346 | 1,10649 | 1,10952 | 1,11255 | 1,11558 | 1,11861 | 1,12164 | 1,12467 | 1,12770 | 1,13073 |



Die gebräuchlichste Ammoniakbestimmung ist diejenige durch Destillation und Titration.

Kocht man ein Ammoniaksalz mit Kalk, Natron oder Kalilauge, Aetzbaryt<sup>1)</sup>, so wird das Ammoniaksalz zersetzt unter Bildung des betreffenden Kalium- etc. Salzes und das Ammoniak wird frei. Dieses frei werdende Ammoniak fängt man in vorgelegter titrirter Säure (gewöhnlich Normal oder  $\frac{1}{10}$ -Normal) auf, und bestimmt das Ammoniak durch Zurücktitriren mit Natronlauge. Man bedient sich des Apparates Fig. 32, und

Fig. 32.



verfährt bei schwefelsaurem Ammoniak folgendermaassen. Das sorgfältig gezogene Durchschnittsmuster wird ganz gerieben, vollständig durch ein Sieb von 7 bis 8 Maschen pro Quadratcentimeter geschlagen, und hiervon eine kleine Durchschnittsprobe genommen. Von der so vorbereiteten Probe werden aus einem verstopften Glase 17 g abgewogen, zu 500 ccm in Wasser gelöst, und dann 50 ccm unfiltrirt in ein circa 300 ccm haltendes Kölbchen A gebracht. Durch das mit Quetschhahn verschlossene Rohr *a* werden circa 20 ccm Natronlauge von 30° B. zugefügt und drei Stunden lang destillirt. Die Kugel *b* verhütet das Ueberspritzen von fixem Alkali. Man fängt das Gas in 60 ccm Halbnormalsalzsäure oder Schwefelsäure auf, welche sich grösstentheils in der

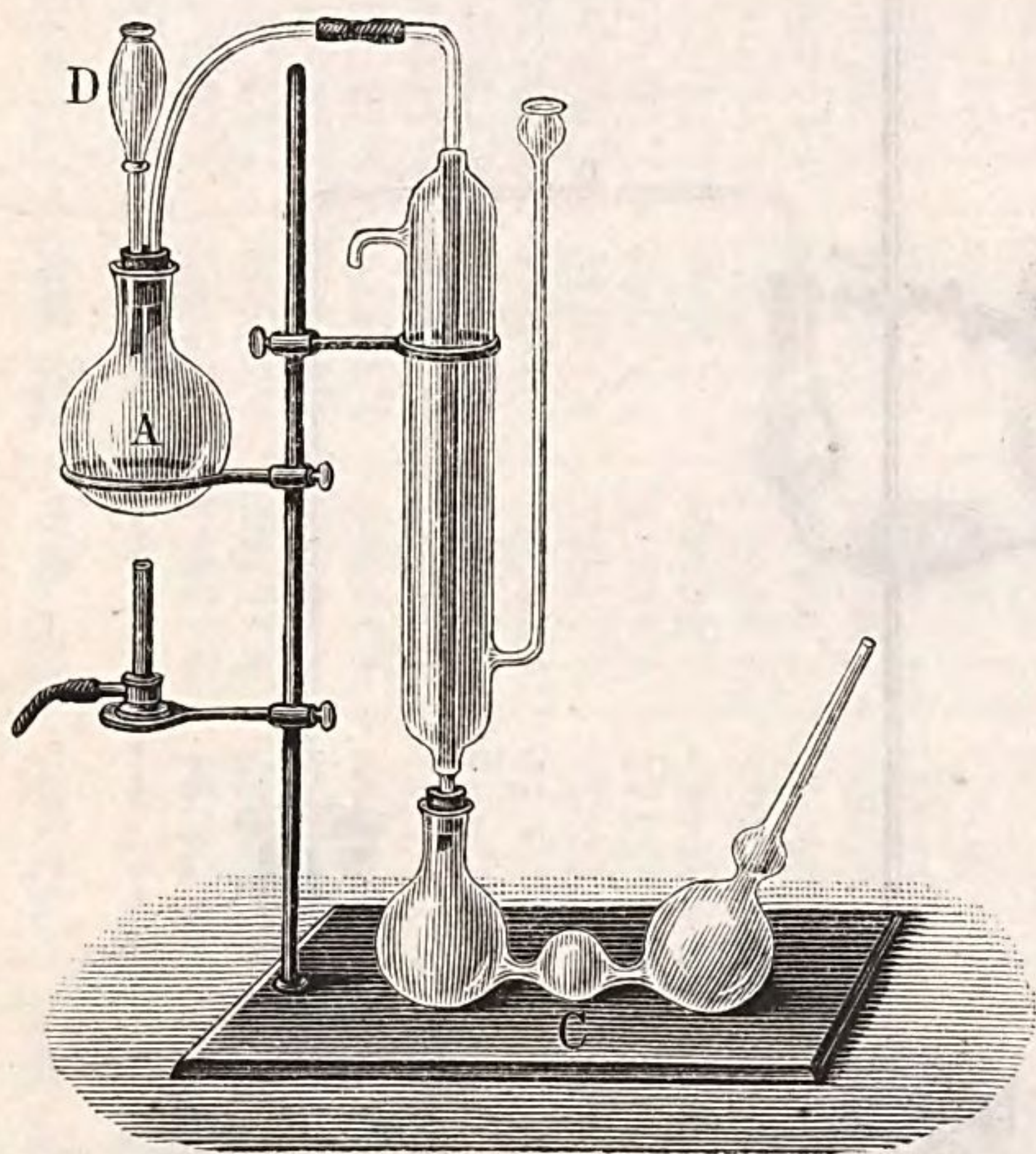
<sup>1)</sup> Der Verein deutscher Düngstoffabrikanten schreibt Erhitzen mit gebrannter Magnesia vor.



Drei-Kugel-Vorlage *B*, und zum kleineren Theile in dem Bechergläschen *C* befindet. Man titrirt mit Halbnormal-Natronlauge zurück und zieht dessen verbrauchte Menge von 60 ab; jedem Cubikcentimeter der Differenz entspricht 0,5 Procent  $\text{NH}_3$ . Als Indicator benutzt man am besten Phenacetolin.

Zur Werthbestimmung des schwefelsauren Ammoniaks bringt F. G. Holmes<sup>1)</sup> 0,5 g der Probe mit 20 ccm Wasser in die Flasche *A* (Fig. 33), 25 ccm Zehntel-Normalschwefelsäure in den Kugelapparat *C*, lässt durch das Tropfgefäss *D* 15 ccm einer 20 procentigen

Fig. 33.



Natronlauge einfließen und destillirt. Schliesslich wird Luft durch den Apparat gesaugt, und die nicht gesättigte Schwefelsäure zurücktitrirt.

In denselben Apparaten und mit gleicher Handhabung bestimmt man auch den Gehalt von Gaswasser, concentrirtem Wasser, Abflusswasser etc. Bei reinem Salmiakgeist kann man den Gehalt an Ammoniak sofort durch Titriren mit Normal-säure bestimmen. Als Indicator wendet man anstatt Lackmustinctur besser eine wässerige Lösung von Dime-

thylanilinorange an, weil auf diesen Indicator Kohlensäure und Schwefelwasserstoff nicht einwirken, während Lackmus von diesem geröthet wird. Jeder Cubikcentimeter verbrauchte Normalsäure zeigt 0,017 g Ammoniak an. Die verbrauchten Cubikcentimeter Säure mit 0,017 g multiplicirt, geben also die Mengen Ammoniak in der angewandten Substanz in Grammen an, wonach sich der Procentgehalt daraus berechnen lässt.

Für den Betrieb ist es unumgänglich nothwendig, öfter das Gaswasser und das abdestillirte Wasser auf seinen Ammoniakgehalt zu prüfen.

In den Gasfabriken geschieht die Werthbestimmung des Gaswassers der Bequemlichkeit wegen vielfach mit dem Aräometer. In Deutschland bedient man sich des Baumé'schen, in Frankreich des Beck'schen und in England des Twaddle'schen. Diese Bestimmungen haben aber keinen Anspruch auf grosse Genauigkeiten, denn folgende Tabelle von Seidel<sup>2)</sup> erweist klar, wie wenig zuverlässig das Aräometer ist; sie

<sup>1)</sup> Chem. New 52, 49. — <sup>2)</sup> Hofmann's Bericht über die Wiener Welt-Ausstellung 1, 194.



giebt nämlich den Ammoniakgehalt verschiedener Gaswässer, welche sich am Aräometer (bei 15° C.) als gleichwerthig erweisen:

| Grade Baumé             | 2°                           | 2,5°                                                 | 3°                                           | 3,5°                                      | 4°                           | 4,5°                                 | 5°     | 6°     |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|
| Specifisches Gewicht    | 1,0138                       | 1,0163                                               | 0,0208                                       | 1,0249                                    | 1,0280                       | 1,0316                               | 1,0352 | 1,0426 |
| Procent NH <sub>3</sub> | 1,16<br>1,42<br>1,50<br>1,77 | 1,30<br>1,43<br>1,63<br>1,77<br>1,98<br>2,18<br>2,65 | 1,63<br>1,76<br>1,90<br>2,10<br>2,38<br>2,45 | 1,87<br>2,00<br>2,24<br>2,40<br>2,72<br>2 | 2,55<br>2,72<br>2,90<br>3,40 | 2,79<br>2,85<br>3,06<br>3,40<br>3,53 | 3,67   | 3,74   |

Zur genauen Bestimmung ist es also nöthig, eine quantitative Analyse zu machen, und verfährt man dabei folgendermaassen.

Man misst dafür eine bestimmte Menge, etwa 50 ccm, ab, giesst sie in den Destillationskolben, lässt Natronlauge zufließen und kocht nur 15 bis 20 Minuten. Das frei werdende Ammoniak fängt man in titrirter Säure auf und bestimmt den Ammoniakgehalt durch Zurücktitriren mit Natronlauge.

Dr. Knublauch in Cöln hat zur Bestimmung des Ammoniaks einige einfache Apparate construirt, die, wenn auch keine ganz genaue Resultate gebend, doch brauchbar sind <sup>1)</sup>. Dieselben bestehen aus besonders dazu graduirten Cylindern.

#### I. Bestimmung des Ammoniakgehaltes des Gaswassers.

100 ccm des zu untersuchenden Gaswassers werden in einem einhalb Liter-Kölbchen mit destillirtem Wasser bis zur Marke angefüllt und umgeschüttelt. Von dieser fünfmal verdünnten Lösung giesst man in ein mit Glasstöpsel versehenes Fläschchen 100 ccm, giebt einige Stückchen gebrannten Kalk (4 bis 5 g) hinzu und lässt ungefähr eine Stunde unter häufigem Umschütteln stehen. Diese mit Kalk behandelte Flüssigkeit filtrirt man in das 50 ccm fassende Kölbchen bis zur Marke, indem

<sup>1)</sup> Die Apparate nebst zugehörigen Säuren sind von E. Leybold's Nachfolger in Cöln zum Preise von 13 Mk. pro Stück zu beziehen.



man die ersten, häufig trübe durchlaufenden Tropfen nicht in das Messkölbchen, sondern fortlaufen lässt.

Diese 50 ccm Filtrat werden in ein grösseres Kölbchen gegossen und mit einigen Tropfen Rosolsäurelösung versetzt. Man füllt den Prober mit der zugegebenen Säure bis zur Marke, welche oben an dem verengten Halse über 0 angebracht ist und giesst von dem Inhalte unter Umschütteln zu dem Filtrat, bis die rothe Farbe der Flüssigkeit in Gelb übergeht und liest nach dem Verbrauch der Säure die Procente Ammoniak am Prober direct ab. Diese Methode giebt gewöhnlich 0,05 bis 0,15 Proc. Ammoniak gegen die Destillationsmethode zu wenig an, besitzt aber den Vortheil, dass sie ohne analytisches Verständniss von Jedem ausgeführt werden kann.

## II. Bestimmung des Ammoniaks in dem Abflusswasser von der Destillation des Gaswassers.

Man fülle mit dem zu untersuchenden Abflusswasser nach dem Erkalten ein mit Glasstöpsel verschliessbares Fläschchen von ca. 150 ccm ungefähr  $\frac{2}{3}$ ; gebe einige erbsengrosse Stückchen Kalk hinzu und lasse ca. drei Stunden unter häufigem Umschütteln stehen. Von dieser Lösung werden 50 ccm in ein Messkölbchen filtrirt unter der Vorsicht, dass man die ersten trüben Tropfen fortlaufen lässt. Diese 50 ccm Filtrat giesst man in ein grösseres Kölbchen, färbt mit einigen Tropfen Rosolsäurelösung roth und setzt aus dem Cylinder, welcher mit der beigegebenen Säure bis zur obersten Marke am Halse gefüllt ist, diese Säure nach und nach schliesslich tropfenweise zu bis zum Uebergange der rothen in die gelbe Farbe. Die verbrauchten Theilstriche geben direct die Theile Ammoniak pro 100 000 Theile Wasser an. Ist der Gehalt des Wassers so hoch, dass man mit einer Füllung des Cylinders nicht auskommt, so fülle man zum zweiten Male, aber dann nur bis zur 0-Marke. Die Zahl der verbrauchten Theilstriche addirt, giebt den Ammoniakgehalt pro 100 000 Theile Wasser an.

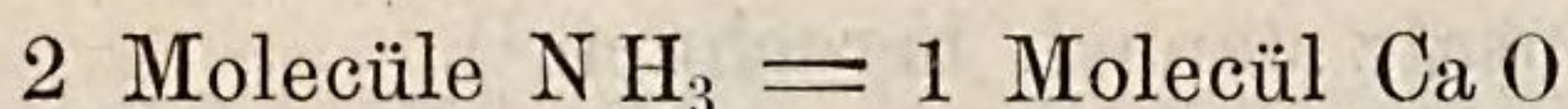
Diese Bestimmung erfüllt ebenfalls ihren Zweck, hat aber den Nachtheil, dass man drei Stunden stehen lassen muss, während man bei continuirlichem Betriebe zum Stellen des Apparates wohl nicht gern länger wie eine halbe Stunde warten will.

## III. Bestimmung des Kalkzusatzes.

Zur Austreibung des Ammoniaks aus den nicht flüchtigen Salzen ist es nothwendig, dass die letzteren durch Kalk zersetzt werden. Es ist daher wohl von Interesse zu wissen, wie viel Kalk dem zur Destillation gelangenden Ammoniakwasser zugesetzt werden muss, um alles



Ammoniak frei zu machen. Man kann dies aus der Analyse des Ammoniakwassers berechnen. Für

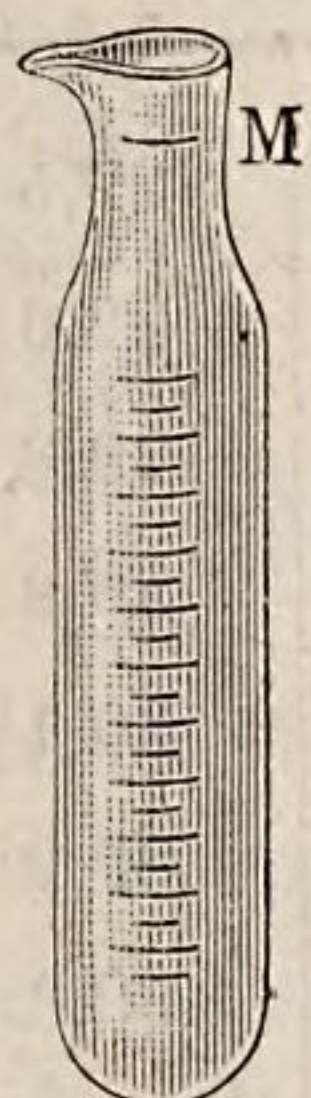


also für 34 Gewichtstheile  $\text{NH}_3 = 56$  Gewichtstheile  $\text{CaO}$ .

(In der Praxis für 1 cbm Gaswasser von 2° B. etwa 60 l Kalkmilch und etwa 30 kg Aetzkalk.)

Dr. Knublauch in Cöln hat hierzu ebenfalls einen Apparat construirt, der sehr gut zu gebrauchen ist <sup>1)</sup> (Fig. 34).

Fig. 34.



Man nimmt eine Probe (ca. 100 ccm) Ammoniakwasser, kühlt selbige ab, giesst die Flüssigkeit in ein Stöpselglas und schüttelt nach Zusatz von etwas Kalkpulver 5 Minuten um.

50 ccm des Filtrats werden in einem grösseren Kolben mit Rosolsäure versetzt und aus dem bis zur Marke *M* gefüllten Prober die zugehörige Säure nach und nach zugegossen, bis die rothbraune Farbe in Gelb übergeht. Die verbrauchten Theilstriche geben direct den per Cubikmeter Kesselinhalt nöthigen Kalk an; z. B. ein Kessel enthalte noch 5 cbm. Der Versuch ergäbe am Prober abgelesen 12 kg, so sind dem Inhalte  $12 \times 5 = 60$  kg Kalk zuzusetzen, um mit Sicherheit alles Ammoniak in Freiheit zu setzen und abdestilliren zu können.

---

<sup>1)</sup> Zu beziehen zum Preise von 13 Mk. (mit allem Zubehör) von E. Leybold's Nachfolger in Cöln.



Den Gehalt der Kalkmilch kann man auch aus folgender Tabelle ersehen und den Zusatz danach berechnen <sup>1)</sup>.

| Grade<br>Baumé | Gew.-<br>Proc.<br>Ca O | 100 Liter    |                      | Grade<br>Baumé | Gew.-<br>Proc.<br>Ca O | 100 Liter    |                      |
|----------------|------------------------|--------------|----------------------|----------------|------------------------|--------------|----------------------|
|                |                        | wiegen<br>kg | enthalten<br>kg Ca O |                |                        | wiegen<br>kg | enthalten<br>kg Ca O |
| 10             | 10,60                  | 125,9        | 13,3                 | 38             | 19,72                  | 149,8        | 29,5                 |
| 11             | 11,12                  | 127,4        | 14,2                 | 39             | 19,80                  | 149,9        | 29,6                 |
| 12             | 11,65                  | 129,2        | 15,2                 | 40             | 19,88                  | 149,9        | 29,8                 |
| 13             | 12,16                  | 130,8        | 16,1                 | 41             | 19,95                  | 150,0        | 29,9                 |
| 14             | 12,68                  | 132,6        | 17,0                 | 42             | 20,03                  | 150,0        | 30,1                 |
| 15             | 13,20                  | 134,5        | 18,0                 | 43             | 20,10                  | 150,0        | 30,2                 |
| 16             | 13,72                  | 136,3        | 18,9                 | 44             | 20,16                  | 150,1        | 30,3                 |
| 17             | 14,25                  | 138,2        | 19,8                 | 45             | 20,22                  | 150,1        | 30,4                 |
| 18             | 14,77                  | 139,9        | 20,7                 | 46             | 20,27                  | 150,1        | 30,5                 |
| 19             | 15,23                  | 141,7        | 21,6                 | 47             | 20,32                  | 150,2        | 30,6                 |
| 20             | 15,68                  | 143,6        | 22,4                 | 48             | 20,37                  | 150,2        | 30,7                 |
| 21             | 16,10                  | 145,1        | 23,3                 | 49             | 20,43                  | 150,3        | 30,7                 |
| 22             | 16,52                  | 146,2        | 24,0                 | 50             | 20,48                  | 150,3        | 30,8                 |
| 23             | 16,90                  | 146,9        | 24,7                 | 51             | 20,53                  | 150,3        | 30,9                 |
| 24             | 17,23                  | 147,4        | 25,3                 | 52             | 20,57                  | 150,4        | 31,0                 |
| 25             | 17,52                  | 147,8        | 25,8                 | 53             | 20,62                  | 150,4        | 31,1                 |
| 26             | 17,78                  | 148,1        | 26,3                 | 54             | 20,66                  | 150,4        | 31,1                 |
| 27             | 18,04                  | 148,4        | 26,7                 | 55             | 20,70                  | 150,5        | 31,2                 |
| 28             | 18,26                  | 148,6        | 27,0                 | 56             | 20,74                  | 150,5        | 31,3                 |
| 29             | 18,46                  | 148,8        | 27,4                 | 57             | 20,78                  | 150,5        | 31,3                 |
| 30             | 18,67                  | 149,0        | 27,7                 | 58             | 20,82                  | 150,5        | 31,4                 |
| 31             | 18,86                  | 149,1        | 27,9                 | 59             | 20,85                  | 150,6        | 31,4                 |
| 32             | 19,02                  | 149,2        | 28,2                 | 60             | 20,89                  | 150,6        | 31,5                 |
| 33             | 19,17                  | 149,3        | 28,4                 | 61             | 20,93                  | 150,6        | 31,5                 |
| 34             | 19,31                  | 149,4        | 28,7                 | 62             | 20,97                  | 150,6        | 31,6                 |
| 35             | 19,43                  | 149,5        | 28,9                 | 63             | 21,00                  | 150,6        | 31,6                 |
| 36             | 19,53                  | 149,6        | 29,1                 | 64             | 21,03                  | 150,7        | 31,7                 |
| 37             | 19,63                  | 149,7        | 29,3                 | 65             | 21,05                  | 150,7        | 31,7                 |

<sup>1)</sup> Nach Mateczek.



## Analyse des Gaswassers.

Nach S. Dyson<sup>1)</sup> ist bei der Untersuchung von Gaswasser Rücksicht zu nehmen auf: Schwefelammonium, Ammoniumcarbonat, Rhodan, Chlor, Ammoniumthiosulfat, Sulfat, Thiocarbonat, Schwefelsäure, Ferrocyan, Cyan und Essigsäure.

Zum Nachweise von Ammoniumthiocarbonat versetzt man mit Zinksulfat, bringt den mit kaltem Wasser gewaschenen Niederschlag in eine mit Kühler verbundene Kochflasche und erwärmt. Zinkthiocarbonat zerfällt; den entweichenden Schwefelkohlenstoff erkennt man am Geruche, erforderlichenfalls bestimmt man die Menge derselben mit Triäthylphosphin als  $P(C_2H_5)_3CS_2$ .

Zur Prüfung auf Ammoniumthiocyanat (Rhodanammonium) versetzt man das Gaswasser mit Zinksulfat, filtrirt und prüft das Filtrat mit Eisenchlorid. Um Thiosulfat nachzuweisen, versetzt man das Gaswasser mit schwefelsaurem Zink, das Filtrat mit Chlorbaryum, filtrirt nochmals, säuert das Filtrat mit Salzsäure an und erhitzt zum Sieden, worauf unter Einwirkung von Schwefligsäure Schwefel ausgeschieden wird. Fällt man die Sulfide mit schwefelsaurem Zink, säuert das Filtrat mit Essigsäure an und versetzt mit Nitroprussidnatrium, so giebt Ferrocyankalium bei Gegenwart von Sulfiden einen purpurfarbenen Niederschlag. Eine Probe Gaswasser versetzt man mit Zinksulfat, filtrirt dann mit Ferrisulfat und Kupfersulfat, das Filtrat säuert man mit Salpetersäure an und prüft mit salpetersaurem Silber auf Chlor. Eine andere Probe wird zur Trockne verdunstet, der Rückstand mit Wasser aufgenommen, mit einer heiss gesättigten Lösung von schwefelsaurem Silber versetzt, der Niederschlag abfiltrirt, mit heissem Wasser gewaschen und das Filtrat mit verdünnter Schwefelsäure destillirt, um die Essigsäure zu bekommen.

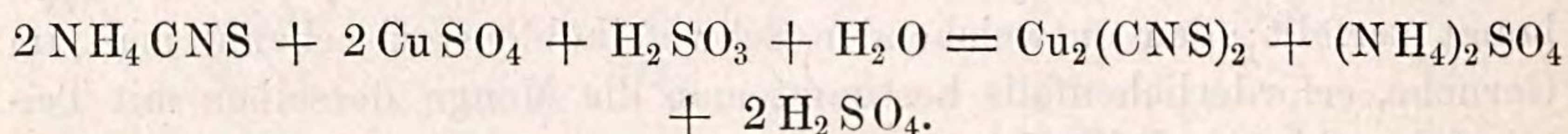
Eine Probe Gaswasser von Leads hatte z. B. 4,15° Twaddell, d. h. bei 1,0207 spec. Gew. bei 22°. Die qualitative Untersuchung ergab: Sulfid, Kohlensäure, Chlor, Rhodan, Thiosulfat, Schwefelsäure und Ferrocyan. Zur quantitativen Bestimmung des Ammoniaks werden 25 ccm Gaswasser mit Magnesia destillirt. Zur Bestimmung der Kohlensäure werden 50 ccm Gaswasser mit Chlorcalcium gefällt, der Niederschlag von Calciumcarbonat mit Normalsalzsäure gelöst und mit Natron zurücktitrirt. Ferner werden 50 ccm Gaswasser zur Trockne verdampft, der Rückstand mit Wasser aufgenommen, das Filtrat mit Ferrisulfat und Kupfersulfat versetzt, filtrirt, dann mit Silbernitrat und Salpetersäure kochend das Chlor gefällt.

---

<sup>1)</sup> Journ. Soc. Chem. Ind. 1883, S. 229.



Zur Bestimmung des Gesamtschwefels werden 25 ccm Gaswasser mit salzsäurehaltiger wässeriger Bromlösung allmählig versetzt, das überschüssige Brom verdampft, die Lösung filtrirt und mit Chlorbaryum gefällt. Ferner werden 25 ccm mit Zinksulfat und Salmiak versetzt, das gefällte Schwefelzink in salzsäurehaltige wässerige Bromlösung gebracht, erhitzt, und das gefällte Baryumsulfat auf Ammoniumsulfid berechnet. Zur Bestimmung des Rhodans werden 50 ccm Gaswasser zur Trockne verdampft, der Rückstand wird 4 Stunden lang auf 100° erhitzt, dann mit Alkohol ausgezogen, dieser zur Trockne verdunstet, mit Wasser aufgenommen, filtrirt und mit Schwefligsäure und Kupfersulfat gefällt:



Das gefällte Kupferrhodanat wird in Salpetersäure gelöst, mit Natronlauge gefällt, das erhaltene Kupferoxyd mit 0,96 multiplicirt, giebt die äquivalente Menge des Thionats  $\text{NH}_4 \text{CNS}$ .

Ferner werden 250 ccm Gaswasser zur Trockne eingedampft, mit Wasser aufgenommen, mit Zinkoxyd das Schwefelammonium entfernt und die Schwefelsäure in bekannter Weise mit Chlorbaryum gefällt. Der Unterschied zwischen dem Gesamtschwefel und der Summe desjenigen vom Sulfid, Thiocyanat und Sulfat wird auf Thiosulfat berechnet.

Zuletzt werden zur Bestimmung des Ferrocyan 250 ccm verdunstet, in Wasser gelöst, mit Eisenchlorid versetzt, der Niederschlag von Berlinerblau mit Natron zersetzt und das Eisenoxyd mit Permanganat titirt.

Nach diesen Methoden wurde das vorhin erwähnte Gaswasser von Leads untersucht, und danach enthielt 1 Liter:

|                                                                       |         |
|-----------------------------------------------------------------------|---------|
| Gesamttammoniak . . . . .                                             | 20,45 g |
| Gasamtschwefel . . . . .                                              | 3,92 „  |
| Schwefelammonium, $\text{NH}_4 \text{H}_2 \text{S}$ . . . . .         | 3,03 „  |
| kohlensaures Ammoniak, $(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3$ . . . . .        | 39,16 „ |
| Chlorammonium, $(\text{NH}_4) \text{Cl}$ . . . . .                    | 14,23 „ |
| Rhodanammonium, $(\text{NH}_4) \text{CNS}$ . . . . .                  | 1,80 „  |
| Schwefelsaures Ammoniak, $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ . . . . .      | 0,19 „  |
| Ammoniumthiosulfat, $(\text{NH}_4)_2 \text{S}_2 \text{O}_3$ . . . . . | 2,80 „  |
| Ferrocyanammonium, $(\text{NH}_4)_4 \text{Fe Cy}_6$ . . . . .         | 0,41 „  |

Nach H. Ost<sup>1)</sup> enthält der Salmiakgeist resp. das Gaswasser oft Pyridin.

Man entdeckt das Pyridin im Salmiakgeist durch unvollständiges

<sup>1)</sup> Journ. f. prakt. Chemie 28, 271.



Neutralisiren desselben mit Salzsäure; Pyridin verbindet sich ganz zuletzt mit der Säure und macht sich durch seinen intensiven Geruch leicht bemerklich. Zur sicheren Nachweisung desselben destillirt man die nahezu mit Salzsäure neutralisirte Ammoniakflüssigkeit, fängt das Destillat in Salzsäure auf, verdampft zur Trockne, zieht mit absolutem Alkohol aus und fällt den alkoholischen Auszug, wenn der Alkohol verjagt ist, mit Platinchlorid. Nach Abscheidung des Platinsalmiaks krystallisirt aus der Mutterlauge das Platindoppelsalz des Pyridins in orangerothern, glatten, verzweigten und wasserfreien Prismen, welche in heissem Wasser leicht, in kaltem schwer löslich sind und sich beim Erhitzen mit Wasser rasch zersetzen unter Bildung des schwer löslichen hellgelben Platinchloriddoppelsalzes. Noch häufiger enthält rohes Ammoniak Pyrrol, wenigstens giebt es sehr oft nach dem Uebersättigen mit Säuren eine rothe Färbung und riecht beim Destilliren nach Pyrrol.

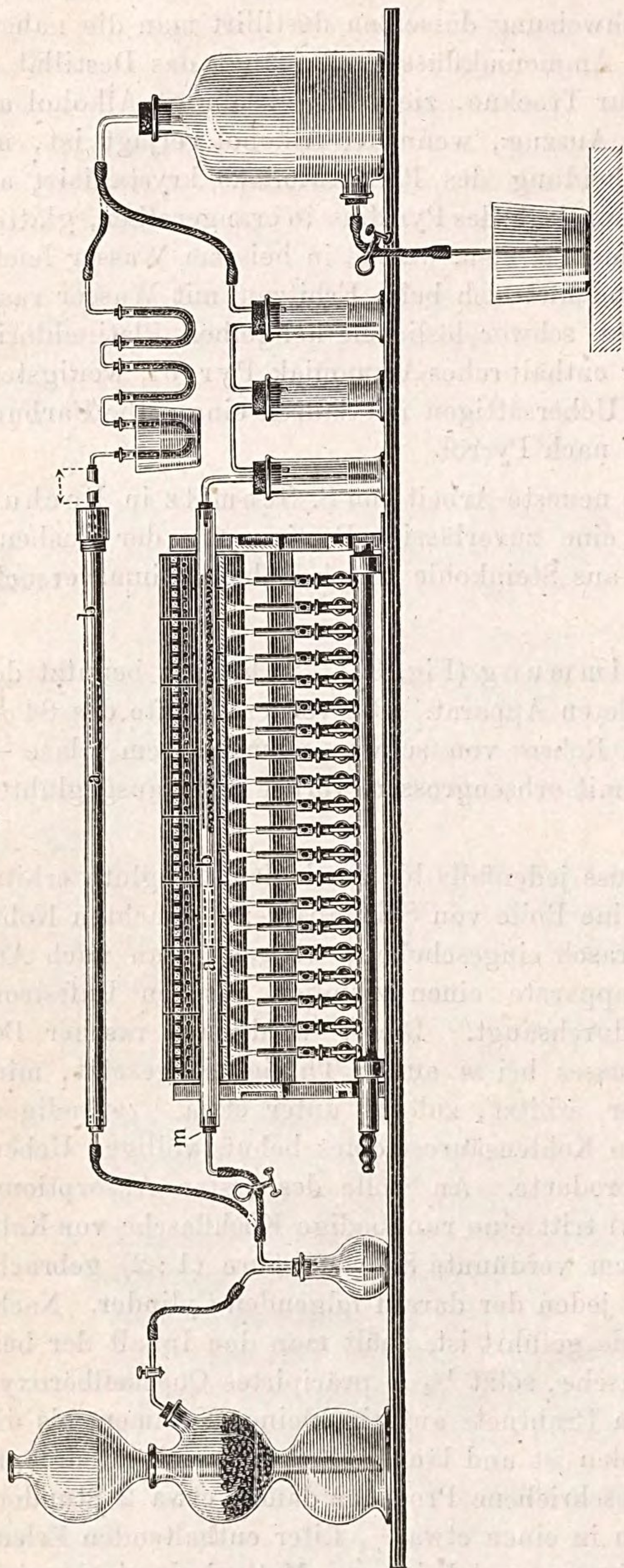
Es möge hier noch die neueste Arbeit von S. Schmitz in Bochum Platz finden, welche über eine zuverlässige Bestimmung der Ausbeute an Ammoniak und Theer aus Steinkohle durch Laboratoriumsversuche handelt.

a. Ammoniakbestimmung (Fig. 35). Schmitz benutzt den in Fig. 35 (a. f. S.) abgebildeten Apparat. Die vordere Hälfte des 84 cm langen und 32 mm weiten Rohres von schwer schmelzbarem Glase — besser von Porcellan — ist mit erbsengrossen, vorher stark ausgeglühten Koksstückchen gefüllt.

Die Röhrenstelle *ab* muss jedenfalls bis zur hellen Rothgluth erhitzt sein. 10 bis 15 g der in eine Rolle von Seidenpapier gebrachten Kohle werden bis zur Stelle *ab* rasch eingeschoben, während man nach Anbringung der Absorptionsapparate einen ziemlich raschen Luftstrom mittelst eines Aspirators durchsaugt. Dieser wird nach rascher Werkstellung des Verschlusses bei *m* ausser Thätigkeit gesetzt, mindestens  $1\frac{1}{2}$  Stunden weiter erhitzt, zuletzt unter etwa  $\frac{1}{4}$  stündigem Durchleiten eines langsamen Kohlensäurestromes behufs völligen Uebertreibens aller Destillationsproducte. An Stelle des ersten Absorptionscylinders (in der Zeichnung) tritt eine rundbodige Kochflasche von Kaliglas, in welche etwa 20 ccm verdünnte Schwefelsäure (1 : 2) gebracht werden und eben so viel in jeden der darauf folgenden Cylinder. Nachdem die Destillation zu Ende geführt ist, spült man den Inhalt der beiden Cylinder in die Kochflasche, setzt  $\frac{1}{2}$  g präcipirtes Quecksilberoxyd zu und verdampft über dem Drahtnetz auf ein kleines Volumen, bis die Flüssigkeit weingelb geworden ist und längere Zeit Schwefelsäuredämpfe entwichen sind. Die letztbeschriebene Procedur dauert etwa 2 Stunden. Den Kolbeninhalt spült man in einen etwa  $\frac{3}{4}$  Liter enthaltenden Erlenmeyerkolben und destillirt daraus nach bekannter Methode das Ammoniak ab, welches man nach Ermessen mit Schwefelsäure auffängt und titirt oder in Salzsäure behufs Bestimmung als Platinsalmiak oder Platin.



Fig. 35.



b. Die Theerbestimmung führt Schmitz folgendermaassen aus. Die Destillation wird in einem Metallrohre von 72 cm Länge und 30 mm lichter Weite ausgeführt. Das Rohr ist am vorderen Ende durch eine aufzuschraubende Kapsel verschliessbar, welche ein kurzes eingelöthetes 4 bis 5 cm langes Messingrohr trägt, welches einerseits wieder mit einem etwas weiteren 12 bis 15 cm langen, mit Asbest gefülltem Messingrohr verschraubt ist. Dieses ist durch einen Kork verschliessbar, dessen Bohrung ein Schenkelrohr trägt, welches die Verbindung mit einem U-förmigen, mit Watte gefülltem herstellt, an welches sich wiederum zwei weitere solche in gleicher Weise mit einander verbundene anschliessen. Das erste U-Rohr wird durch Eintauchen in kaltes Wasser gekühlt. Das mit Asbest gefüllte Messingrohr und die mit Watte gefüllten Glasrohre sind bei 100° getrocknet und gewogen.

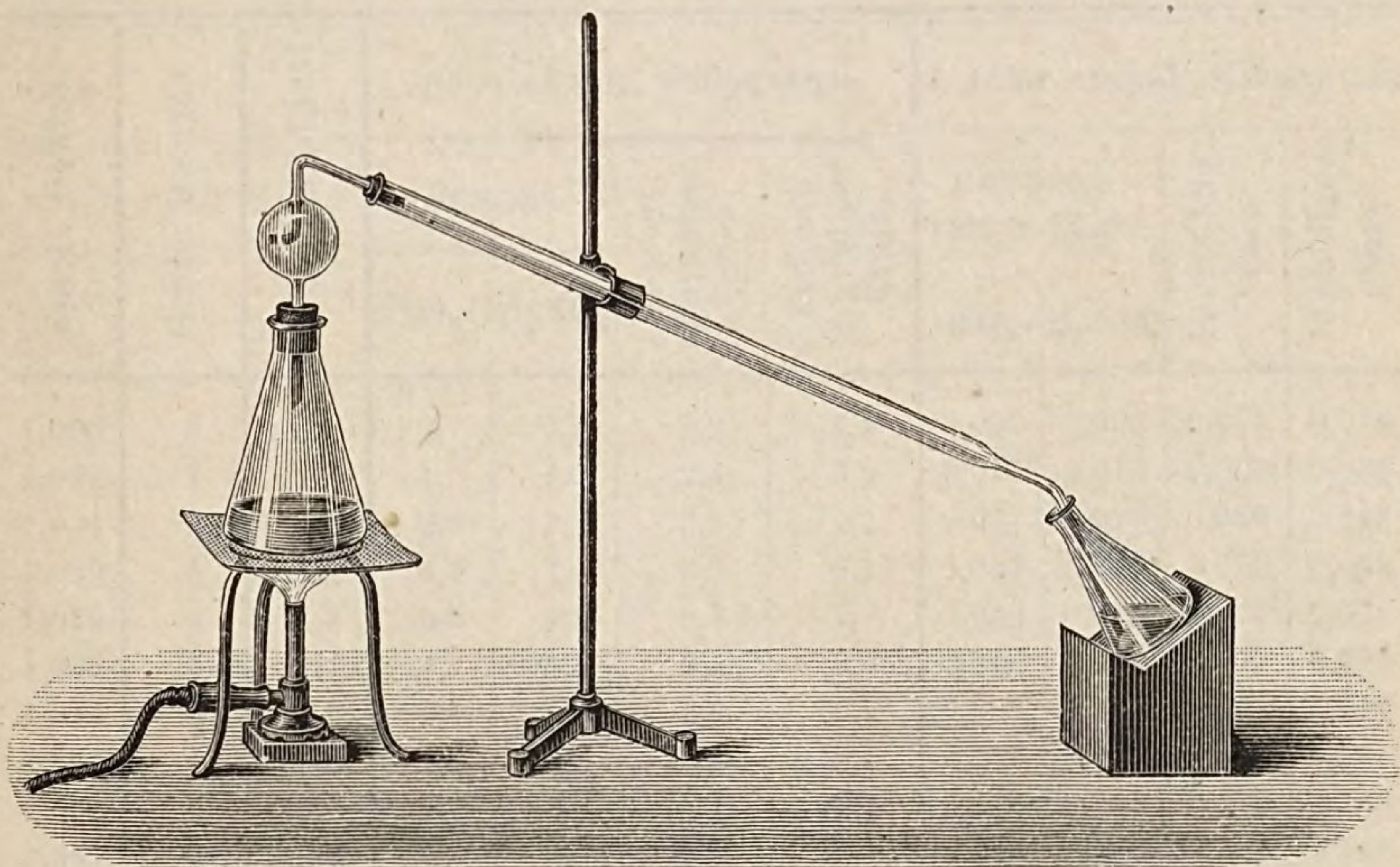
Nachdem der Apparat in beschriebener Weise vorgerichtet und das Rohr (s. die Figur) im Verbrennungsofen zur



starken Rothgluth erhitzt ist, wird die abgewogene Kohle (etwa 10 g) in einem Platin- oder Kupferschiffchen bis zur Stelle *ab* eingeschoben, worauf rasch mittelst eines durchbohrten Korkes verschlossen wird, welcher mit einem Kohlensäureapparate in Verbindung steht. Schon vor Einführung der Kohle wird ein am Ende des Absorptionsapparates angebrachter, kräftig wirkender Aspirator in Thätigkeit gesetzt, um darin — wie auch der lebhaft entwickelnde Kohlensäureapparat auf der entgegengesetzten Seite — während der ganzen Dauer der Destillation zu verbleiben.

Auf diese Weise entziehen sich keine verdichtbaren Destillationsproducte der Condensation. Nach kaum einer Viertelstunde ist die Destillation beendet, worauf Messingrohr und gläserne U-Rohre bei 100°

Fig. 36.



bis zu möglichst constantem Gewicht getrocknet werden, aus dessen Zunahme sich die Theerausbeute ergibt.

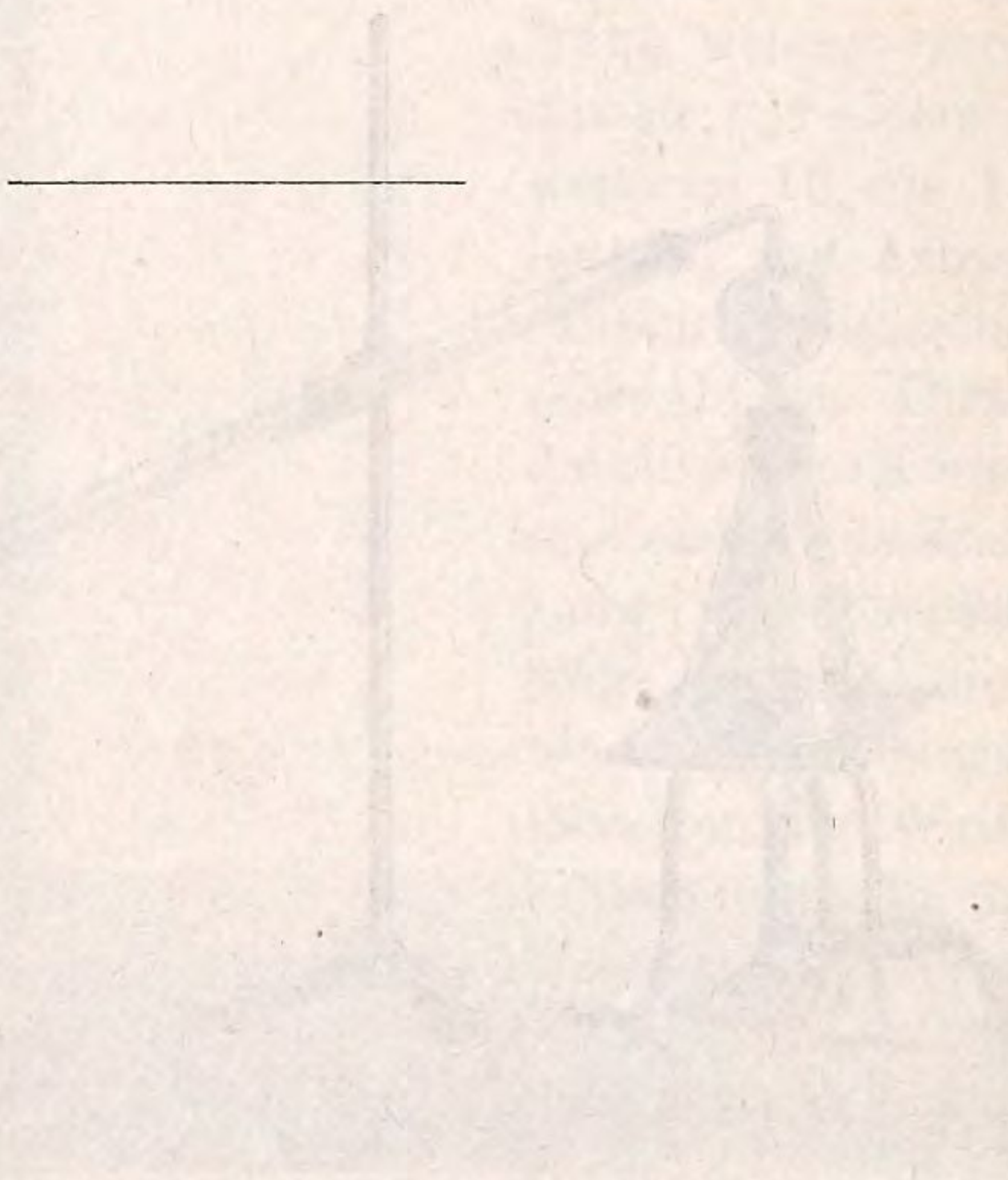
Bei Laboratoriumsversuchen erhält man zwei- bis dreimal soviel Theer, wie im Grossbetriebe.

Zu erwähnen ist noch, dass mit Theer beschmutzte Glasgefäße sich am besten mit Chloroform reinigen lassen.

c. Zur Bestimmung des Gesamtstickstoffs in der Steinkohle verfährt Schmitz folgendermaassen: 0,8 bis 1 g Steinkohle, sehr fein gepulvert, werden in einem etwa  $\frac{1}{4}$  Liter fassenden Kochkolben aus gut gekühltem Kaliglas mit 1 g fein zerriebenem Quecksilberoxyd und 20 ccm concentrirter Schwefelsäure zusammengebracht und zwei bis drei Stunden auf einem Drahtnetze in lebhaftem Sieden erhalten. Alle Kohlenarten, selbst Anthracit, haben sich in dieser Zeit



klar gelöst. Der erkaltete Kolbeninhalt wird in einen etwas Wasser enthaltenden und in kaltem Wasser stehenden etwa  $\frac{3}{4}$  Liter fassenden Erlenmeyer'schen Kochkolben gespült. Darauf werden 120 bis 140 ccm reine Natronlauge von 30 bis 32° B. und dann 35 ccm einer Lösung von gelbem Schwefelnatrium (im Liter etwa 40 g  $\text{Na}_2\text{S}$  enthaltend), endlich, zur Verhütung des Stossens, ein kleines Stückchen Zink zugesetzt und in dem in Fig. 36 (a. v. S.) abgebildeten Apparate 20 bis 30 Minuten lang destilliert. Das Anbringen des zwischen Kolben und Kühler befindlichen Aufsatzstückes (eines Tropfenfängers) ist unerlässlich zur Vermeidung des Ueberspritzens alkalischer Flüssigkeit. Die vorgelegte  $\frac{1}{20}$ -Normal-schwefelsäure, von der man 30 ccm anwendet, wird mit  $\frac{1}{20}$ -Normal-barytwasser und Rosolsäure als Indicator zurücktitriert.





A N H A N G.

Tabellen.

Specifische Gewichte von Schwefelsäure bei 15° C.  
(Nach Kolb.)

| Specif. Gewicht | Grade Baumé | Grade Twaddell | 100 Gewthle. entsprechen |                                |                                 |                                 | 1 Liter enthält Kilogramm |                                |                      |                      |
|-----------------|-------------|----------------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|
|                 |             |                | Procent                  |                                | Procent<br>60 grädiger<br>Säure | Procent<br>50 grädiger<br>Säure | chemisch<br>reiner Säure  |                                | 60 grädiger<br>Säure | 50 grädiger<br>Säure |
|                 |             |                | S O <sub>3</sub>         | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |                                 |                                 | S O <sub>3</sub>          | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |                      |                      |
| 1,000           | 0           | —              | 0,7                      | 0,9                            | 1,2                             | 1,4                             | 0,007                     | 0,009                          | 0,012                | 0,014                |
| 1,007           | 1           | 1,4            | 1,5                      | 1,9                            | 2,4                             | 3,0                             | 0,015                     | 0,019                          | 0,024                | 0,030                |
| 1,014           | 2           | 2,8            | 2,3                      | 2,8                            | 3,6                             | 4,5                             | 0,023                     | 0,028                          | 0,036                | 0,045                |
| 1,022           | 3           | 4,4            | 3,1                      | 3,8                            | 4,9                             | 6,1                             | 0,032                     | 0,039                          | 0,050                | 0,062                |
| 1,029           | 4           | 5,8            | 3,9                      | 4,8                            | 6,1                             | 7,7                             | 0,040                     | 0,049                          | 0,063                | 0,078                |
| 1,037           | 5           | 7,4            | 4,7                      | 5,8                            | 7,4                             | 9,3                             | 0,049                     | 0,060                          | 0,077                | 0,096                |
| 1,045           | 6           | 9,0            | 5,6                      | 6,8                            | 8,7                             | 10,9                            | 0,059                     | 0,071                          | 0,091                | 0,114                |
| 1,052           | 7           | 10,4           | 6,4                      | 7,8                            | 10,0                            | 12,5                            | 0,067                     | 0,082                          | 0,105                | 0,131                |
| 1,060           | 8           | 12,0           | 7,2                      | 8,8                            | 11,3                            | 14,0                            | 0,076                     | 0,093                          | 0,120                | 0,149                |
| 1,067           | 9           | 13,4           | 8,0                      | 9,8                            | 12,6                            | 15,7                            | 0,085                     | 0,105                          | 0,134                | 0,168                |
| 1,075           | 10          | 15,0           | 8,8                      | 10,8                           | 13,8                            | 17,3                            | 0,095                     | 0,116                          | 0,148                | 0,186                |
| 1,083           | 11          | 16,6           | 9,7                      | 11,9                           | 15,3                            | 19,0                            | 0,105                     | 0,129                          | 0,165                | 0,206                |
| 1,091           | 12          | 18,2           | 10,6                     | 13,0                           | 16,7                            | 20,8                            | 0,116                     | 0,142                          | 0,182                | 0,227                |
| 1,100           | 13          | 20,0           | 11,5                     | 14,1                           | 18,1                            | 22,6                            | 0,126                     | 0,155                          | 0,199                | 0,248                |
| 1,108           | 14          | 21,6           | 12,4                     | 15,2                           | 19,5                            | 24,3                            | 0,137                     | 0,168                          | 0,216                | 0,268                |
| 1,116           | 15          | 23,2           | 13,2                     | 16,2                           | 20,7                            | 25,9                            | 0,147                     | 0,181                          | 0,231                | 0,290                |
| 1,125           | 16          | 25,0           | 14,1                     | 17,3                           | 22,2                            | 27,1                            | 0,159                     | 0,195                          | 0,250                | 0,312                |
| 1,134           | 17          | 26,8           | 15,1                     | 18,5                           | 23,7                            | 29,6                            | 0,172                     | 0,210                          | 0,269                | 0,336                |
| 1,142           | 18          | 28,4           | 16,0                     | 19,6                           | 25,1                            | 31,4                            | 0,183                     | 0,224                          | 0,287                | 0,359                |
| 1,152           | 19          | 30,4           | 17,0                     | 20,8                           | 26,6                            | 33,3                            | 0,196                     | 0,239                          | 0,306                | 0,383                |
| 1,162           | 20          | 32,4           | 18,0                     | 22,2                           | 28,4                            | 35,3                            | 0,209                     | 0,258                          | 0,330                | 0,413                |
| 1,171           | 21          | 34,2           | 19,0                     | 23,3                           | 29,8                            | 37,3                            | 0,222                     | 0,273                          | 0,349                | 0,437                |
| 1,180           | 22          | 36,0           | 20,0                     | 24,5                           | 31,4                            | 39,3                            | 0,236                     | 0,289                          | 0,370                | 0,463                |
| 1,190           | 23          | 38,0           | 21,1                     | 25,8                           | 33,0                            | 41,3                            | 0,251                     | 0,307                          | 0,393                | 0,491                |
| 1,200           | 24          | 40,0           | 22,1                     | 27,1                           | 34,7                            | 43,4                            | 0,265                     | 0,325                          | 0,416                | 0,520                |
| 1,210           | 25          | 42,0           | 23,2                     | 28,4                           | 36,4                            | 45,4                            | 0,281                     | 0,344                          | 0,440                | 0,550                |



| Specif. Gewicht | Grade Baumé | Grade Twaddell | 100 Gewthle. entsprechen |                                |                                 |                                 | 1 Liter enthält Kilogramm |                                |                      |                      |
|-----------------|-------------|----------------|--------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|
|                 |             |                | Procent                  |                                | Procent<br>60 grädiger<br>Säure | Procent<br>50 grädiger<br>Säure | chemisch<br>reiner Säure  |                                | 60 grädiger<br>Säure | 50 grädiger<br>Säure |
|                 |             |                | SO <sub>3</sub>          | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |                                 |                                 | SO <sub>3</sub>           | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> |                      |                      |
| 1,220           | 26          | 44,0           | 24,2                     | 29,6                           | 37,9                            | 47,4                            | 0,295                     | 0,361                          | 0,463                | 0,579                |
| 1,231           | 27          | 46,2           | 25,3                     | 31,0                           | 39,7                            | 49,5                            | 0,311                     | 0,382                          | 0,489                | 0,610                |
| 1,241           | 28          | 48,2           | 26,3                     | 32,2                           | 41,2                            | 51,5                            | 0,326                     | 0,400                          | 0,511                | 0,639                |
| 1,252           | 29          | 50,4           | 27,3                     | 33,4                           | 42,8                            | 53,5                            | 0,342                     | 0,418                          | 0,536                | 0,670                |
| 1,263           | 30          | 52,6           | 28,3                     | 34,7                           | 44,4                            | 55,5                            | 0,357                     | 0,438                          | 0,561                | 0,702                |
| 1,274           | 31          | 54,8           | 29,4                     | 36,0                           | 46,1                            | 57,6                            | 0,374                     | 0,459                          | 0,587                | 0,735                |
| 1,285           | 32          | 57,0           | 30,5                     | 37,4                           | 47,9                            | 59,9                            | 0,392                     | 0,481                          | 0,616                | 0,769                |
| 1,297           | 33          | 59,4           | 31,7                     | 38,8                           | 49,7                            | 62,1                            | 0,411                     | 0,503                          | 0,645                | 0,805                |
| 1,308           | 34          | 61,6           | 32,8                     | 40,2                           | 51,5                            | 64,3                            | 0,429                     | 0,526                          | 0,674                | 0,841                |
| 1,320           | 35          | 64,0           | 33,9                     | 41,6                           | 53,3                            | 66,6                            | 0,447                     | 0,549                          | 0,704                | 0,878                |
| 1,332           | 36          | 66,4           | 35,1                     | 43,0                           | 55,1                            | 68,8                            | 0,468                     | 0,573                          | 0,734                | 0,917                |
| 1,345           | 37          | 69,0           | 36,2                     | 44,4                           | 56,9                            | 71,0                            | 0,487                     | 0,597                          | 0,765                | 0,955                |
| 1,357           | 38          | 71,4           | 37,2                     | 45,5                           | 58,3                            | 72,8                            | 0,505                     | 0,617                          | 0,791                | 0,987                |
| 1,370           | 39          | 74,0           | 38,3                     | 46,9                           | 60,0                            | 75,0                            | 0,525                     | 0,642                          | 0,822                | 1,027                |
| 1,383           | 40          | 76,6           | 39,5                     | 48,3                           | 61,9                            | 77,3                            | 0,546                     | 0,668                          | 0,856                | 1,069                |
| 1,397           | 41          | 79,4           | 40,7                     | 49,8                           | 63,8                            | 79,7                            | 0,569                     | 0,696                          | 0,891                | 1,117                |
| 1,410           | 42          | 82,0           | 41,8                     | 51,2                           | 65,6                            | 82,0                            | 0,589                     | 0,722                          | 0,925                | 1,155                |
| 1,424           | 43          | 84,8           | 42,9                     | 52,6                           | 67,4                            | 84,2                            | 0,611                     | 0,749                          | 0,960                | 1,198                |
| 1,438           | 44          | 87,6           | 44,1                     | 54,0                           | 69,1                            | 86,4                            | 0,634                     | 0,777                          | 0,994                | 1,243                |
| 1,453           | 45          | 90,6           | 45,2                     | 55,4                           | 70,9                            | 88,6                            | 0,657                     | 0,805                          | 1,030                | 1,288                |
| 1,468           | 46          | 93,6           | 46,4                     | 56,9                           | 72,9                            | 91,0                            | 0,681                     | 0,835                          | 1,070                | 1,336                |
| 1,483           | 47          | 96,6           | 47,6                     | 58,3                           | 74,7                            | 93,3                            | 0,706                     | 0,864                          | 1,108                | 1,382                |
| 1,498           | 48          | 99,6           | 48,7                     | 59,6                           | 76,3                            | 95,4                            | 0,730                     | 0,893                          | 1,143                | 1,429                |
| 1,514           | 49          | 102,8          | 49,8                     | 61,0                           | 78,1                            | 97,6                            | 0,754                     | 0,923                          | 1,182                | 1,477                |
| 1,530           | 50          | 106,0          | 51,0                     | 62,5                           | 80,0                            | 100,0                           | 0,780                     | 0,956                          | 1,224                | 1,530                |
| 1,540           | 51          | 108,0          | 52,2                     | 64,0                           | 82,0                            | 102,4                           | 0,807                     | 0,990                          | 1,268                | 1,584                |
| 1,563           | 52          | 112,6          | 53,5                     | 65,5                           | 83,9                            | 104,8                           | 0,836                     | 1,024                          | 1,311                | 1,638                |
| 1,580           | 53          | 116,0          | 54,9                     | 67,0                           | 85,8                            | 107,2                           | 0,867                     | 1,059                          | 1,355                | 1,694                |
| 1,597           | 54          | 119,4          | 56,0                     | 68,6                           | 87,8                            | 109,7                           | 0,894                     | 1,095                          | 1,402                | 1,752                |
| 1,615           | 55          | 123,0          | 57,1                     | 70,0                           | 89,6                            | 112,0                           | 0,922                     | 1,131                          | 1,447                | 1,809                |
| 1,634           | 56          | 126,8          | 58,4                     | 71,6                           | 91,7                            | 114,6                           | 0,954                     | 1,170                          | 1,499                | 1,872                |
| 1,652           | 57          | 130,4          | 59,7                     | 73,2                           | 93,7                            | 117,1                           | 0,986                     | 1,210                          | 1,548                | 1,936                |
| 1,671           | 58          | 134,2          | 61,0                     | 74,7                           | 95,7                            | 119,5                           | 1,019                     | 1,248                          | 1,599                | 1,997                |
| 1,691           | 59          | 139,2          | 62,4                     | 76,4                           | 97,8                            | 122,2                           | 1,055                     | 1,292                          | 1,654                | 2,067                |
| 1,711           | 60          | 142,2          | 63,8                     | 78,1                           | 100,0                           | 125,0                           | 1,092                     | 1,336                          | 1,711                | 2,138                |
| 1,732           | 61          | 146,4          | 65,2                     | 79,9                           | 102,3                           | 127,8                           | 1,129                     | 1,384                          | 1,772                | 2,214                |
| 1,753           | 62          | 150,6          | 66,7                     | 81,7                           | 104,6                           | 130,7                           | 1,169                     | 1,434                          | 1,838                | 2,294                |
| 1,774           | 63          | 154,8          | 68,7                     | 84,1                           | 107,7                           | 134,0                           | 1,219                     | 1,492                          | 1,911                | 2,387                |
| 1,796           | 64          | 159,2          | 70,6                     | 86,5                           | 110,8                           | 138,0                           | 1,268                     | 1,554                          | 1,990                | 2,486                |
| 1,819           | 65          | 163,8          | 73,2                     | 89,7                           | 114,8                           | 143,5                           | 1,332                     | 1,632                          | 2,088                | 2,611                |
| 1,842           | 66          | 168,6          | 81,6                     | 100,0                          | 128,0                           | 149,4                           | 1,523                     | 1,842                          | 2,358                | 2,872                |



Specifische Gewichte von Salzsäure bei 15° C.

(Nach Kolb.)

| Spec. Gewicht | Grade<br>Baumé | Grade<br>Twaddell | 100 Gewthle. enthalten Procent |                 |                 |                 |                 |                 | 1 Liter enthält Gramm |                 |                 |                 |                 |                 |
|---------------|----------------|-------------------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|               |                |                   | HCl                            | Säure<br>18° B. | Säure<br>19° B. | Säure<br>20° B. | Säure<br>21° B. | Säure<br>22° B. | HCl                   | Säure<br>18° B. | Säure<br>19° B. | Säure<br>20° B. | Säure<br>21° B. | Säure<br>22° B. |
| 1,000         | 0              | —                 | 0,1                            | 0,3             | 0,3             | 0,3             | 0,3             | 0,3             | 1                     | 3               | 3               | 3               | 3               | 3               |
| 1,007         | 1              | 1,4               | 1,5                            | 5,3             | 5,0             | 4,7             | 4,4             | 4,2             | 15                    | 53              | 53              | 47              | 44              | 42              |
| 1,014         | 2              | 2,8               | 2,9                            | 10,2            | 9,6             | 9,0             | 8,6             | 8,1             | 29                    | 102             | 96              | 91              | 87              | 82              |
| 1,022         | 3              | 4,4               | 4,5                            | 15,8            | 14,9            | 14,1            | 13,3            | 12,6            | 46                    | 164             | 152             | 144             | 136             | 129             |
| 1,029         | 4              | 5,6               | 5,8                            | 20,4            | 19,4            | 18,1            | 17,1            | 16,2            | 60                    | 211             | 199             | 186             | 176             | 167             |
| 1,036         | 5              | 7,2               | 7,3                            | 25,7            | 24,2            | 22,8            | 21,5            | 20,4            | 76                    | 267             | 252             | 236             | 223             | 211             |
| 1,044         | 6              | 8,8               | 8,9                            | 31,8            | 29,5            | 27,8            | 26,2            | 24,4            | 93                    | 333             | 308             | 290             | 274             | 255             |
| 1,052         | 7              | 10,2              | 10,4                           | 36,6            | 34,5            | 32,6            | 30,7            | 29,1            | 109                   | 384             | 361             | 343             | 323             | 306             |
| 1,060         | 8              | 12,0              | 12,0                           | 42,3            | 39,7            | 37,6            | 35,4            | 33,6            | 127                   | 447             | 421             | 399             | 375             | 356             |
| 1,067         | 9              | 13,4              | 13,4                           | 47,2            | 44,3            | 41,9            | 39,5            | 37,5            | 143                   | 503             | 473             | 447             | 421             | 400             |
| 1,075         | 10             | 15,0              | 15,0                           | 52,8            | 49,7            | 46,9            | 44,2            | 42,0            | 161                   | 567             | 533             | 504             | 475             | 452             |
| 1,083         | 11             | 16,6              | 16,5                           | 58,0            | 54,6            | 51,6            | 48,7            | 46,2            | 179                   | 630             | 592             | 559             | 527             | 500             |
| 1,091         | 12             | 18,2              | 18,1                           | 63,7            | 59,9            | 56,7            | 53,4            | 50,7            | 197                   | 693             | 652             | 619             | 583             | 553             |
| 1,100         | 13             | 20,0              | 19,9                           | 70,0            | 65,9            | 62,3            | 58,7            | 55,7            | 219                   | 771             | 725             | 685             | 646             | 613             |
| 1,108         | 14             | 21,6              | 21,5                           | 75,7            | 71,2            | 67,3            | 63,4            | 60,2            | 238                   | 838             | 788             | 746             | 702             | 667             |
| 1,116         | 15             | 23,2              | 23,1                           | 81,3            | 76,4            | 72,3            | 68,1            | 64,7            | 258                   | 904             | 857             | 807             | 760             | 721             |
| 1,125         | 16             | 25,0              | 24,8                           | 87,3            | 82,0            | 77,6            | 73,2            | 69,4            | 279                   | 982             | 923             | 873             | 824             | 781             |
| 1,134         | 17             | 26,8              | 26,6                           | 93,6            | 88,0            | 83,3            | 78,5            | 74,5            | 302                   | 1063            | 1000            | 945             | 890             | 845             |
| 1,143         | 18             | 28,6              | 28,4                           | 100,0           | 94,0            | 88,9            | 83,0            | 79,5            | 325                   | 1144            | 1076            | 1016            | 949             | 909             |
| 1,152         | 19             | 30,4              | 30,2                           | 106,3           | 100,0           | 94,5            | 89,0            | 84,6            | 348                   | 1225            | 1152            | 1089            | 1025            | 975             |
| 1,157         | 19,5           | 31,4              | 31,2                           | 109,8           | 103,3           | 97,7            | 92,0            | 87,4            | 361                   | 1271            | 1195            | 1130            | 1064            | 1011            |
| 1,161         | 20,0           | 32,2              | 32,0                           | 112,6           | 105,9           | 100,0           | 94,4            | 89,6            | 372                   | 1309            | 1231            | 1161            | 1096            | 1042            |
| 1,166         | 20,5           | 33,2              | 33,0                           | 115,6           | 109,2           | 103,3           | 97,3            | 92,4            | 385                   | 1355            | 1274            | 1204            | 1129            | 1077            |
| 1,171         | 21,0           | 34,2              | 33,9                           | 119,3           | 112,2           | 106,1           | 100,0           | 94,9            | 397                   | 1397            | 1314            | 1242            | 1171            | 1111            |
| 1,175         | 21,5           | 35,0              | 34,7                           | 122,1           | 114,9           | 108,6           | 102,4           | 97,2            | 408                   | 1436            | 1350            | 1276            | 1203            | 1140            |
| 1,180         | 22,0           | 36,0              | 35,7                           | 125,7           | 118,2           | 111,7           | 105,3           | 100,0           | 421                   | 1482            | 1394            | 1318            | 1243            | 1180            |
| 1,185         | 22,5           | 37,0              | 36,8                           | 129,5           | 121,8           | 115,2           | 108,6           | 103,0           | 436                   | 1535            | 1443            | 1365            | 1287            | 1220            |
| 1,190         | 23,0           | 38,0              | 37,9                           | 133,4           | 125,4           | 118,6           | 111,8           | 106,1           | 451                   | 1587            | 1493            | 1411            | 1330            | 1263            |
| 1,195         | 23,5           | 39,0              | 39,0                           | 137,3           | 129,1           | 122,0           | 115,0           | 109,2           | 466                   | 1640            | 1542            | 1458            | 1374            | 1305            |
| 1,199         | 24,0           | 39,8              | 39,8                           | 140,2           | 131,7           | 124,6           | 117,4           | 111,4           | 477                   | 1679            | 1579            | 1494            | 1408            | 1336            |
| 1,205         | 24,5           | 41,0              | 41,2                           | 145,0           | 136,4           | 130,0           | 121,5           | 115,4           | 496                   | 1746            | 1642            | 1567            | 1464            | 1391            |
| 1,210         | 25,0           | 42,0              | 42,4                           | 149,2           | 140,3           | 132,7           | 125,0           | 119,0           | 513                   | 1806            | 1698            | 1606            | 1513            | 1440            |
| 1,212         | 25,5           | 42,4              | 42,9                           | 151,0           | 142,0           | 134,3           | 126,6           | 120,1           | 520                   | 1830            | 1721            | 1628            | 1534            | 1456            |



## Specifische Gewichte von Salpetersäure bei 15° C.

(Nach Kolb.)

| Spec. Gewicht | Grade<br>Baumé | Grade<br>Twaddell | 100 Gewthle. enthalten<br>Procent |                  |                        |                        | 1 Liter enthält Gramm         |                  |                        |                        |
|---------------|----------------|-------------------|-----------------------------------|------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|------------------------|
|               |                |                   | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>     | HNO <sub>3</sub> | Säure<br>von<br>36° B. | Säure<br>von<br>40° B. | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | HNO <sub>3</sub> | Säure<br>von<br>36° B. | Säure<br>von<br>40° B. |
| 1,000         | 0              | 0                 | 0,1                               | 0,2              | 0,4                    | 0,3                    | 1                             | 1                | 2                      | 2                      |
| 1,007         | 1              | 1,4               | 1,3                               | 1,5              | 2,3                    | 2,4                    | 13                            | 15               | 28                     | 24                     |
| 1,014         | 2              | 2,8               | 2,2                               | 2,6              | 4,9                    | 4,2                    | 22                            | 26               | 49                     | 42                     |
| 1,022         | 3              | 4,4               | 3,4                               | 4,0              | 7,6                    | 6,5                    | 35                            | 41               | 77                     | 66                     |
| 1,029         | 4              | 5,8               | 4,4                               | 5,1              | 9,6                    | 8,3                    | 45                            | 52               | 98                     | 84                     |
| 1,036         | 5              | 7,2               | 5,4                               | 6,3              | 11,9                   | 10,2                   | 56                            | 65               | 123                    | 105                    |
| 1,044         | 6              | 8,8               | 6,5                               | 7,6              | 14,4                   | 12,3                   | 68                            | 79               | 149                    | 128                    |
| 1,052         | 7              | 10,4              | 7,7                               | 9,0              | 17,0                   | 14,6                   | 81                            | 94               | 178                    | 152                    |
| 1,067         | 8              | 12,0              | 8,7                               | 10,2             | 19,3                   | 16,5                   | 92                            | 107              | 202                    | 173                    |
| 1,062         | 9              | 13,4              | 9,8                               | 11,4             | 21,5                   | 18,5                   | 105                           | 123              | 232                    | 200                    |
| 1,075         | 10             | 15,0              | 10,9                              | 12,7             | 24,0                   | 20,5                   | 117                           | 136              | 268                    | 220                    |
| 1,083         | 11             | 16,6              | 12,0                              | 14,0             | 26,5                   | 22,7                   | 130                           | 152              | 287                    | 246                    |
| 1,091         | 12             | 18,2              | 13,1                              | 15,3             | 28,9                   | 24,8                   | 143                           | 167              | 315                    | 270                    |
| 1,100         | 13             | 20,0              | 14,4                              | 16,8             | 31,7                   | 27,2                   | 158                           | 182              | 344                    | 295                    |
| 1,108         | 14             | 21,6              | 15,4                              | 18,0             | 34,0                   | 29,2                   | 170                           | 198              | 374                    | 321                    |
| 1,116         | 15             | 23,2              | 16,6                              | 19,4             | 36,7                   | 31,4                   | 185                           | 216              | 408                    | 350                    |
| 1,125         | 16             | 25,0              | 17,8                              | 20,8             | 39,4                   | 33,6                   | 200                           | 233              | 440                    | 378                    |
| 1,134         | 17             | 26,8              | 19,0                              | 22,2             | 42,0                   | 36,0                   | 215                           | 251              | 474                    | 406                    |
| 1,143         | 18             | 28,6              | 20,2                              | 23,6             | 44,5                   | 38,2                   | 231                           | 270              | 510                    | 437                    |
| 1,152         | 19             | 30,4              | 21,3                              | 24,9             | 47,1                   | 40,4                   | 245                           | 281              | 531                    | 454                    |
| 1,161         | 20             | 32,2              | 22,5                              | 26,3             | 49,6                   | 42,6                   | 261                           | 305              | 576                    | 493                    |
| 1,171         | 21             | 34,2              | 23,8                              | 27,8             | 52,5                   | 45,0                   | 279                           | 325              | 614                    | 527                    |
| 1,180         | 22             | 36,0              | 25,0                              | 29,2             | 55,2                   | 47,4                   | 295                           | 344              | 650                    | 557                    |
| 1,190         | 23             | 38,0              | 26,3                              | 30,7             | 58,0                   | 49,8                   | 313                           | 365              | 690                    | 591                    |
| 1,199         | 24             | 39,8              | 27,5                              | 32,1             | 60,7                   | 52,0                   | 330                           | 385              | 728                    | 624                    |
| 1,210         | 25             | 42,0              | 28,9                              | 33,8             | 63,9                   | 54,8                   | 350                           | 408              | 771                    | 661                    |
| 1,221         | 26             | 44,2              | 30,4                              | 35,5             | 67,1                   | 57,5                   | 371                           | 433              | 818                    | 701                    |
| 1,231         | 27             | 46,8              | 31,7                              | 37,0             | 69,9                   | 59,9                   | 390                           | 455              | 860                    | 737                    |
| 1,242         | 28             | 48,4              | 33,1                              | 38,6             | 72,9                   | 62,5                   | 411                           | 480              | 907                    | 778                    |



| Spec. Gewicht | Grade<br>Baumé | Grade<br>Twaddell | 100 Gewthle. enthalten<br>Procent |                  |                        |                        | 1 Liter enthält Gramm         |                  |                        |                        |
|---------------|----------------|-------------------|-----------------------------------|------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|------------------------|
|               |                |                   | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>     | HNO <sub>3</sub> | Säure<br>von<br>36° B. | Säure<br>von<br>40° B. | N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | HNO <sub>3</sub> | Säure<br>von<br>36° B. | Säure<br>von<br>40° B. |
| 1,252         | 29             | 50,4              | 34,5                              | 40,2             | 76,0                   | 65,1                   | 434                           | 506              | 956                    | 819                    |
| 1,261         | 30             | 52,2              | 35,6                              | 41,5             | 78,4                   | 67,2                   | 449                           | 523              | 988                    | 847                    |
| 1,275         | 31             | 55,0              | 37,3                              | 43,5             | 82,2                   | 70,5                   | 475                           | 553              | 1045                   | 896                    |
| 1,286         | 32             | 57,2              | 38,6                              | 45,0             | 85,1                   | 72,9                   | 496                           | 578              | 1092                   | 936                    |
| 1,298         | 33             | 59,6              | 40,4                              | 47,1             | 89,0                   | 76,3                   | 524                           | 611              | 1154                   | 990                    |
| 1,309         | 34             | 61,8              | 41,7                              | 48,6             | 91,9                   | 78,7                   | 545                           | 635              | 1200                   | 1029                   |
| 1,321         | 35             | 64,2              | 43,5                              | 50,7             | 95,8                   | 82,1                   | 575                           | 670              | 1266                   | 1085                   |
| 1,334         | 36             | 66,8              | 45,3                              | 52,9             | 100,0                  | 85,7                   | 604                           | 704              | 1330                   | 1140                   |
| 1,346         | 37             | 69,2              | 47,1                              | 55,0             | 104,0                  | 89,1                   | 634                           | 739              | 1397                   | 1197                   |
| 1,359         | 38             | 71,8              | 49,1                              | 57,3             | 108,3                  | 92,7                   | 667                           | 777              | 1469                   | 1259                   |
| 1,372         | 39             | 74,4              | 51,2                              | 59,6             | 112,6                  | 96,5                   | 702                           | 818              | 1546                   | 1325                   |
| 1,384         | 40             | 76,8              | 52,9                              | 61,7             | 116,6                  | 100,0                  | 732                           | 853              | 1612                   | 1382                   |
| 1,398         | 41             | 79,6              | 55,3                              | 64,5             | 121,9                  | 104,5                  | 773                           | 901              | 1703                   | 1460                   |
| 1,412         | 42             | 82,4              | 57,9                              | 67,5             | 127,6                  | 109,4                  | 818                           | 954              | 1803                   | 1545                   |
| 1,426         | 43             | 85,2              | 60,5                              | 70,6             | 133,4                  | 114,4                  | 863                           | 1006             | 1903                   | 1630                   |
| 1,440         | 44             | 88,0              | 63,8                              | 74,4             | 140,6                  | 120,5                  | 919                           | 1071             | 2024                   | 1735                   |
| 1,454         | 45             | 90,8              | 67,2                              | 78,4             | 148,2                  | 127,0                  | 977                           | 1139             | 2153                   | 1845                   |
| 1,470         | 46             | 94,0              | 71,1                              | 83,0             | 156,9                  | 134,5                  | 1045                          | 1218             | 2302                   | 1973                   |
| 1,485         | 47             | 97,0              | 74,7                              | 87,1             | 164,6                  | 141,1                  | 1109                          | 1292             | 2442                   | 2093                   |
| 1,501         | 48             | 100,2             | 79,4                              | 92,6             | 175,0                  | 150,0                  | 1192                          | 1388             | 2623                   | 2249                   |
| 1,516         | 49             | 103,2             | 82,3                              | 96,0             | 181,4                  | 155,5                  | 1247                          | 1454             | 2748                   | 2355                   |
| 1,524         | 49,5           | 104,8             | 84,0                              | 98,0             | 185,4                  | 158,8                  | 1280                          | 1492             | 2820                   | 2417                   |
| 1,530         | 49,9           | 106,0             | 85,71                             | 100,0            | 189,0                  | 162,0                  | 1311                          | 1530             | 2892                   | 2479                   |



## Volumengewicht der Phosphorsäure bei 15° C.

| Vol.-Gew. | Proc. $\text{H}_3\text{PO}_4$ | Proc. $\text{P}_2\text{O}_5$ | Vol.-Gew. | Proc. $\text{H}_3\text{PO}_4$ | Proc. $\text{P}_2\text{O}_5$ |
|-----------|-------------------------------|------------------------------|-----------|-------------------------------|------------------------------|
| 1,0054    | 1                             | 0,726                        | 1,1962    | 31                            | 22,506                       |
| 1,0109    | 2                             | 1,452                        | 1,2036    | 32                            | 23,232                       |
| 1,0164    | 3                             | 2,178                        | 1,2111    | 33                            | 23,958                       |
| 1,0220    | 4                             | 2,904                        | 1,2186    | 34                            | 24,664                       |
| 1,0276    | 5                             | 3,630                        | 1,2262    | 35                            | 25,410                       |
| 1,0333    | 6                             | 4,356                        | 1,2338    | 36                            | 26,136                       |
| 1,0390    | 7                             | 5,082                        | 1,2415    | 37                            | 26,862                       |
| 1,0449    | 8                             | 5,808                        | 1,2493    | 38                            | 27,588                       |
| 1,0508    | 9                             | 6,534                        | 1,2572    | 39                            | 28,314                       |
| 1,0567    | 10                            | 7,260                        | 1,2651    | 40                            | 29,040                       |
| 1,0627    | 11                            | 7,986                        | 1,2731    | 41                            | 29,766                       |
| 1,0688    | 12                            | 8,712                        | 1,2812    | 42                            | 30,492                       |
| 1,0749    | 13                            | 9,438                        | 1,2894    | 43                            | 31,218                       |
| 1,0811    | 14                            | 10,164                       | 1,2976    | 44                            | 31,944                       |
| 1,0874    | 15                            | 10,890                       | 1,3059    | 45                            | 32,670                       |
| 1,0937    | 16                            | 11,616                       | 1,3143    | 46                            | 33,496                       |
| 1,1001    | 17                            | 12,342                       | 1,3227    | 47                            | 34,222                       |
| 1,1065    | 18                            | 13,068                       | 1,3313    | 48                            | 34,948                       |
| 1,1130    | 19                            | 13,794                       | 1,3399    | 49                            | 35,674                       |
| 1,1196    | 20                            | 14,520                       | 1,3486    | 50                            | 36,400                       |
| 1,1262    | 21                            | 15,246                       | 1,3573    | 51                            | 37,126                       |
| 1,1329    | 22                            | 15,972                       | 1,3661    | 52                            | 37,852                       |
| 1,1397    | 23                            | 16,698                       | 1,3750    | 53                            | 38,578                       |
| 1,1465    | 24                            | 17,424                       | 1,3840    | 54                            | 39,304                       |
| 1,1534    | 25                            | 18,150                       | 1,3931    | 55                            | 40,030                       |
| 1,1604    | 26                            | 18,876                       | 1,4022    | 56                            | 40,756                       |
| 1,1674    | 27                            | 19,602                       | 1,4114    | 57                            | 41,482                       |
| 1,1745    | 28                            | 20,328                       | 1,4207    | 58                            | 42,208                       |
| 1,1817    | 29                            | 21,054                       | 1,4301    | 59                            | 42,934                       |
| 1,1889    | 30                            | 21,780                       | 1,4395    | 60                            | 43,660                       |



Zusammenstellung der specifischen Gewichte, welche den einzelnen Graden verschiedener Aräometerscalen entsprechen.

(Nach Gerlach.)

I. Für Flüssigkeiten, welche schwerer sind als Wasser.

| Grade<br>der<br>Aräometer | 100 theiliges<br>Aräometer<br>nach<br>Gay-Lussac | Amtl. preuss.<br>Aräometer<br>nach<br>Brix (12,5° R.) | Aräometer<br>nach<br>Twaddell | Aräometer<br>nach<br>Beck (10° R.) | Aräometer<br>nach<br>Baumé (14° R.) | Holländische<br>Aräometer-<br>Scala (10° R.) |
|---------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| 0                         | 1,0000                                           | 1,0000                                                | 1,000                         | 1,0000                             | 1,0000                              | 1,000                                        |
| 1                         | 1,0101                                           | 1,0025                                                | 1,005                         | 1,0059                             | 1,0068                              | 1,007                                        |
| 2                         | 1,0204                                           | 1,0050                                                | 1,010                         | 1,0119                             | 1,0138                              | 1,014                                        |
| 3                         | 1,0309                                           | 1,0076                                                | 1,015                         | 1,0180                             | 1,0208                              | 1,022                                        |
| 4                         | 1,0417                                           | 1,0101                                                | 1,020                         | 1,0241                             | 1,0280                              | 1,029                                        |
| 5                         | 1,0526                                           | 1,0127                                                | 1,025                         | 1,0303                             | 1,0353                              | 1,036                                        |
| 6                         | 1,0638                                           | 1,0152                                                | 1,030                         | 1,0366                             | 1,0426                              | 1,044                                        |
| 7                         | 1,0753                                           | 1,0178                                                | 1,035                         | 1,0429                             | 1,0501                              | 1,052                                        |
| 8                         | 1,0870                                           | 1,0204                                                | 1,040                         | 1,0494                             | 1,0576                              | 1,060                                        |
| 9                         | 1,0989                                           | 1,0230                                                | 1,045                         | 1,0559                             | 1,0653                              | 1,067                                        |
| 10                        | 1,1111                                           | 1,0256                                                | 1,050                         | 1,0625                             | 1,0731                              | 1,075                                        |
| 11                        | 1,1236                                           | 1,0283                                                | 1,055                         | 1,0692                             | 1,0810                              | 1,083                                        |
| 12                        | 1,1364                                           | 1,0309                                                | 1,060                         | 1,0759                             | 1,0890                              | 1,091                                        |
| 13                        | 1,1494                                           | 1,0336                                                | 1,065                         | 1,0828                             | 1,0972                              | 1,100                                        |
| 14                        | 1,1628                                           | 1,0363                                                | 1,070                         | 1,0897                             | 1,1054                              | 1,108                                        |
| 15                        | 1,1765                                           | 1,0390                                                | 1,075                         | 1,0968                             | 1,1138                              | 1,116                                        |
| 16                        | 1,1905                                           | 1,0417                                                | 1,080                         | 1,1034                             | 1,1224                              | 1,125                                        |
| 17                        | 1,2048                                           | 1,0444                                                | 1,085                         | 1,1111                             | 1,1310                              | 1,134                                        |
| 18                        | 1,2195                                           | 1,0471                                                | 1,090                         | 1,1184                             | 1,1398                              | 1,143                                        |
| 19                        | 1,2346                                           | 1,0499                                                | 1,095                         | 1,1258                             | 1,1487                              | 1,152                                        |
| 20                        | 1,2500                                           | 1,0526                                                | 1,100                         | 1,1333                             | 1,1578                              | 1,161                                        |
| 21                        | 1,2658                                           | 1,0554                                                | 1,105                         | 1,1409                             | 1,1670                              | 1,171                                        |
| 22                        | 1,2821                                           | 1,0582                                                | 1,110                         | 1,1486                             | 1,1763                              | 1,180                                        |
| 23                        | 1,2987                                           | 1,0610                                                | 1,115                         | 1,1565                             | 1,1858                              | 1,190                                        |
| 24                        | 1,3158                                           | 1,0638                                                | 1,120                         | 1,1644                             | 1,1955                              | 1,199                                        |
| 25                        | 1,3333                                           | 1,0667                                                | 1,125                         | 1,1724                             | 1,2053                              | 1,210                                        |
| 26                        | 1,3514                                           | 1,0695                                                | 1,130                         | 1,1806                             | 1,2153                              | 1,221                                        |
| 27                        | 1,3699                                           | 1,0724                                                | 1,135                         | 1,1888                             | 1,2254                              | 1,231                                        |
| 28                        | 1,3889                                           | 1,0753                                                | 1,140                         | 1,1972                             | 1,2357                              | 1,242                                        |
| 29                        | 1,4085                                           | 1,0782                                                | 1,145                         | 1,2057                             | 1,2462                              | 1,252                                        |
| 30                        | 1,4286                                           | 1,0811                                                | 1,150                         | 1,2143                             | 1,2569                              | 1,261                                        |



| Grade<br>der Aräometer | 100 theiliges<br>Aräometer nach<br>Gay-Lussac | Volumeter-<br>Scala nach<br>Gay-Lussac | Scala des<br>preuss. Aräo-<br>meters nach<br>Brix (12,5° R.) | Aräometer nach<br>Twaddell | Aräometer nach<br>Beck (10° R.) | Aräometer nach<br>Baumé (14° R.) | Holländische<br>Aräometer-<br>Scala<br>bei 10° R. |
|------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| 31                     | 1,4493                                        |                                        | 1,0840                                                       | 1,155                      | 1,2230                          | 1,2677                           | 1,275                                             |
| 32                     | 1,4706                                        |                                        | 1,0870                                                       | 1,160                      | 1,2319                          | 1,2788                           | 1,286                                             |
| 33                     | 1,4925                                        |                                        | 1,0899                                                       | 1,165                      | 1,2409                          | 1,2901                           | 1,298                                             |
| 34                     | 1,5152                                        |                                        | 1,0929                                                       | 1,170                      | 1,2500                          | 1,3015                           | 1,309                                             |
| 35                     | 1,5385                                        |                                        | 1,0959                                                       | 1,175                      | 1,2593                          | 1,3131                           | 1,321                                             |
| 36                     | 1,5625                                        |                                        | 1,0989                                                       | 1,180                      | 1,2687                          | 1,3250                           | 1,334                                             |
| 37                     | 1,5873                                        |                                        | 1,1019                                                       | 1,185                      | 1,2782                          | 1,3370                           | 1,346                                             |
| 38                     | 1,6129                                        |                                        | 1,1050                                                       | 1,190                      | 1,2879                          | 1,3494                           | 1,359                                             |
| 39                     | 1,6393                                        |                                        | 1,1080                                                       | 1,195                      | 1,2977                          | 1,3619                           | 1,372                                             |
| 40                     | 1,6667                                        |                                        | 1,1111                                                       | 1,200                      | 1,3077                          | 1,3746                           | 1,384                                             |
| 41                     | 1,6949                                        |                                        | 1,1142                                                       | 1,205                      | 1,3178                          | 1,3876                           | 1,398                                             |
| 42                     | 1,7241                                        |                                        | 1,1173                                                       | 1,210                      | 1,3281                          | 1,4009                           | 1,412                                             |
| 43                     | 1,7544                                        |                                        | 1,1204                                                       | 1,215                      | 1,3386                          | 1,4143                           | 1,426                                             |
| 44                     | 1,7857                                        |                                        | 1,1236                                                       | 1,220                      | 1,3492                          | 1,4281                           | 1,440                                             |
| 45                     | 1,8182                                        |                                        | 1,1268                                                       | 1,225                      | 1,3600                          | 1,4421                           | 1,454                                             |
| 46                     | 1,8519                                        |                                        | 1,1299                                                       | 1,230                      | 1,3710                          | 1,4564                           | 1,470                                             |
| 47                     | 1,8868                                        |                                        | 1,1311                                                       | 1,235                      | 1,3821                          | 1,4710                           | 1,485                                             |
| 48                     | 1,9231                                        |                                        | 1,1364                                                       | 1,240                      | 1,3934                          | 1,4860                           | 1,501                                             |
| 49                     | 1,9608                                        |                                        | 1,1396                                                       | 1,245                      | 1,4050                          | 1,5012                           | 1,516                                             |
| 50                     | 2,0000                                        | 2,0000                                 | 1,1429                                                       | 1,250                      | 1,4167                          | 1,5167                           | 1,532                                             |
| 51                     |                                               | 1,9608                                 | 1,1461                                                       | 1,255                      | 1,4286                          | 1,5325                           | 1,549                                             |
| 52                     |                                               | 1,9231                                 | 1,1494                                                       | 1,260                      | 1,4407                          | 1,5487                           | 1,566                                             |
| 53                     |                                               | 1,8868                                 | 1,1527                                                       | 1,265                      | 1,4530                          | 1,5652                           | 1,583                                             |
| 54                     |                                               | 1,8519                                 | 1,1561                                                       | 1,270                      | 1,4655                          | 1,5820                           | 1,601                                             |
| 55                     |                                               | 1,8182                                 | 1,1594                                                       | 1,275                      | 1,4783                          | 1,5993                           | 1,618                                             |
| 56                     |                                               | 1,7857                                 | 1,1628                                                       | 1,280                      | 1,4912                          | 1,6169                           | 1,637                                             |
| 57                     |                                               | 1,7544                                 | 1,1662                                                       | 1,285                      | 1,5044                          | 1,6349                           | 1,656                                             |
| 58                     |                                               | 1,7241                                 | 1,1696                                                       | 1,290                      | 1,5179                          | 1,6533                           | 1,676                                             |
| 59                     |                                               | 1,6949                                 | 1,1730                                                       | 1,295                      | 1,5315                          | 1,6721                           | 1,695                                             |
| 60                     |                                               | 1,6667                                 | 1,1765                                                       | 1,300                      | 1,5454                          | 1,6914                           | 1,714                                             |
| 61                     |                                               | 1,6393                                 | 1,1799                                                       | 1,305                      | 1,5596                          | 1,7111                           | 1,736                                             |
| 62                     |                                               | 1,6129                                 | 1,1834                                                       | 1,310                      | 1,5741                          | 1,7313                           | 1,758                                             |
| 63                     |                                               | 1,5873                                 | 1,1869                                                       | 1,315                      | 1,5888                          | 1,7520                           | 1,779                                             |
| 64                     |                                               | 1,5625                                 | 1,1905                                                       | 1,320                      | 1,6038                          | 1,7731                           | 1,801                                             |
| 65                     |                                               | 1,5385                                 | 1,1940                                                       | 1,325                      | 1,6190                          | 1,7948                           | 1,823                                             |
| 66                     |                                               | 1,5152                                 | 1,1976                                                       | 1,330                      | 1,6346                          | 1,8171                           | 1,847                                             |
| 67                     |                                               | 1,4925                                 | 1,2012                                                       | 1,335                      | 1,6505                          | 1,8398                           | 1,872                                             |
| 68                     |                                               | 1,4706                                 | 1,2048                                                       | 1,340                      | 1,6667                          | 1,8632                           | 1,897                                             |
| 69                     |                                               | 1,4493                                 | 1,2085                                                       | 1,345                      | 1,6832                          | 1,8871                           | 1,921                                             |
| 70                     |                                               | 1,4286                                 | 1,2121                                                       | 1,350                      | 1,7000                          | 1,9117                           | 1,946                                             |
| 71                     |                                               | 1,4085                                 | 1,2158                                                       | 1,355                      | 1,7172                          | 1,9370                           | 1,974                                             |
| 72                     |                                               | 1,3889                                 | 1,2195                                                       | 1,360                      | 1,7347                          | 1,9629                           | 2,002                                             |
| 73                     |                                               | 1,3699                                 | 1,2233                                                       | 1,365                      | 1,7526                          | 1,9895                           | 2,031                                             |
| 74                     |                                               | 1,3514                                 | 1,2270                                                       | 1,370                      | 1,7708                          | 2,0167                           | 2,059                                             |
| 75                     |                                               | 1,3333                                 | 1,2308                                                       | 1,375                      | 1,7895                          | 2,0449                           | 2,087                                             |
| 76                     |                                               | 1,3158                                 | 1,2346                                                       | 1,380                      | 1,8085                          |                                  |                                                   |



| Grade der<br>Aräometer | Volumeter-<br>Scala nach<br>Gay-Lussac | Scala des preuss.<br>Aräometers<br>nach Brix<br>(12,5° R.) | Aräometer nach<br>T w a d d e l l | Grade der<br>Aräometer | Scala des aml.<br>preuss. Aräo-<br>meters nach<br>Brix (12,5° R.) | Aräometer nach<br>T w a d d e l l | Grade der<br>Aräometer | Scala des<br>aml. preuss.<br>Aräometers<br>nach Brix | Aräometer nach<br>T w a d d e l l |
|------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 77                     | 1,2987                                 | 1,2384                                                     | 1,385                             | 119                    | 1,4235                                                            | 1,595                             | 161                    | 1,6736                                               | 1,805                             |
| 78                     | 1,2821                                 | 1,2422                                                     | 1,390                             | 120                    | 1,4286                                                            | 1,600                             | 162                    | 1,6807                                               | 1,810                             |
| 79                     | 1,2658                                 | 1,2461                                                     | 1,395                             |                        |                                                                   |                                   | 163                    | 1,6878                                               | 1,815                             |
| 80                     | 1,2500                                 | 1,2500                                                     | 1,400                             | 121                    | 1,4337                                                            | 1,605                             | 164                    | 1,6949                                               | 1,820                             |
|                        |                                        |                                                            |                                   | 122                    | 1,4388                                                            | 1,610                             | 165                    | 1,7021                                               | 1,825                             |
| 81                     | 1,2346                                 | 1,2539                                                     | 1,405                             | 123                    | 1,4440                                                            | 1,615                             | 166                    | 1,7094                                               | 1,830                             |
| 82                     | 1,2195                                 | 1,2579                                                     | 1,410                             | 124                    | 1,4493                                                            | 1,620                             | 167                    | 1,7167                                               | 1,835                             |
| 83                     | 1,2048                                 | 1,2618                                                     | 1,415                             | 125                    | 1,4545                                                            | 1,625                             | 168                    | 1,7241                                               | 1,840                             |
| 84                     | 1,1905                                 | 1,2658                                                     | 1,420                             | 126                    | 1,4599                                                            | 1,630                             | 169                    | 1,7316                                               | 1,845                             |
| 85                     | 1,1765                                 | 1,2698                                                     | 1,425                             | 127                    | 1,4652                                                            | 1,635                             | 170                    | 1,7391                                               | 1,850                             |
| 86                     | 1,1628                                 | 1,2739                                                     | 1,430                             | 128                    | 1,4706                                                            | 1,640                             |                        |                                                      |                                   |
| 87                     | 1,1494                                 | 1,2780                                                     | 1,435                             | 129                    | 1,4760                                                            | 1,645                             | 171                    | 1,7467                                               | 1,855                             |
| 88                     | 1,1364                                 | 1,2821                                                     | 1,440                             | 130                    | 1,4815                                                            | 1,650                             | 172                    | 1,7544                                               | 1,860                             |
| 89                     | 1,1236                                 | 1,2862                                                     | 1,445                             |                        |                                                                   |                                   | 173                    | 1,7621                                               | 1,865                             |
| 90                     | 1,1111                                 | 1,2903                                                     | 1,450                             | 131                    | 1,4870                                                            | 1,655                             | 174                    | 1,7699                                               | 1,870                             |
|                        |                                        |                                                            |                                   | 132                    | 1,4925                                                            | 1,660                             | 175                    | 1,7778                                               | 1,875                             |
| 91                     | 1,0989                                 | 1,2945                                                     | 1,455                             | 133                    | 1,4981                                                            | 1,665                             | 176                    | 1,7857                                               | 1,880                             |
| 92                     | 1,0870                                 | 1,2987                                                     | 1,460                             | 134                    | 1,5038                                                            | 1,670                             | 177                    | 1,7937                                               | 1,885                             |
| 93                     | 1,0753                                 | 1,3029                                                     | 1,465                             | 135                    | 1,5094                                                            | 1,675                             | 178                    | 1,8018                                               | 1,890                             |
| 94                     | 1,0638                                 | 1,3072                                                     | 1,470                             | 136                    | 1,5152                                                            | 1,680                             | 179                    | 1,8100                                               | 1,895                             |
| 95                     | 1,0526                                 | 1,3115                                                     | 1,475                             | 137                    | 1,5209                                                            | 1,685                             | 180                    | 1,8182                                               | 1,900                             |
| 96                     | 1,0417                                 | 1,3158                                                     | 1,480                             | 138                    | 1,5267                                                            | 1,690                             |                        |                                                      |                                   |
| 97                     | 1,0309                                 | 1,3201                                                     | 1,485                             | 139                    | 1,5326                                                            | 1,695                             | 181                    | 1,8265                                               | 1,905                             |
| 98                     | 1,0204                                 | 1,3245                                                     | 1,490                             | 140                    | 1,5385                                                            | 1,700                             | 182                    | 1,8349                                               | 1,910                             |
| 99                     | 1,0101                                 | 1,3289                                                     | 1,495                             |                        |                                                                   |                                   | 183                    | 1,8433                                               | 1,915                             |
| 100                    | 1,0000                                 | 1,3333                                                     | 1,500                             | 141                    | 1,5444                                                            | 1,705                             | 184                    | 1,8519                                               | 1,920                             |
|                        |                                        |                                                            |                                   | 142                    | 1,5504                                                            | 1,710                             | 185                    | 1,8605                                               | 1,925                             |
| 101                    |                                        | 1,3378                                                     | 1,505                             | 143                    | 1,5564                                                            | 1,715                             | 186                    | 1,8692                                               | 1,930                             |
| 102                    |                                        | 1,3423                                                     | 1,510                             | 144                    | 1,5625                                                            | 1,720                             | 187                    | 1,8779                                               | 1,935                             |
| 103                    |                                        | 1,3468                                                     | 1,515                             | 145                    | 1,5685                                                            | 1,725                             | 188                    | 1,8868                                               | 1,940                             |
| 104                    |                                        | 1,3514                                                     | 1,520                             | 146                    | 1,5748                                                            | 1,730                             | 189                    | 1,8957                                               | 1,945                             |
| 105                    |                                        | 1,3559                                                     | 1,525                             | 147                    | 1,5810                                                            | 1,735                             | 190                    | 1,9048                                               | 1,950                             |
| 106                    |                                        | 1,3605                                                     | 1,530                             | 148                    | 1,5873                                                            | 1,740                             |                        |                                                      |                                   |
| 107                    |                                        | 1,3652                                                     | 1,535                             | 149                    | 1,5936                                                            | 1,745                             | 191                    | 1,9139                                               | 1,955                             |
| 108                    |                                        | 1,3699                                                     | 1,540                             | 150                    | 1,6000                                                            | 1,750                             | 192                    | 1,9231                                               | 1,960                             |
| 109                    |                                        | 1,3746                                                     | 1,545                             |                        |                                                                   |                                   | 193                    | 1,9324                                               | 1,965                             |
| 110                    |                                        | 1,3793                                                     | 1,550                             | 151                    | 1,6064                                                            | 1,755                             | 194                    | 1,9417                                               | 1,970                             |
|                        |                                        |                                                            |                                   | 152                    | 1,6129                                                            | 1,760                             | 195                    | 1,9512                                               | 1,975                             |
| 111                    |                                        | 1,3841                                                     | 1,555                             | 153                    | 1,6194                                                            | 1,765                             | 196                    | 1,9608                                               | 1,980                             |
| 112                    |                                        | 1,3889                                                     | 1,560                             | 154                    | 1,6260                                                            | 1,770                             | 197                    | 1,9704                                               | 1,985                             |
| 113                    |                                        | 1,3937                                                     | 1,565                             | 155                    | 1,6326                                                            | 1,775                             | 198                    | 1,9802                                               | 1,990                             |
| 114                    |                                        | 1,3986                                                     | 1,570                             | 156                    | 1,6393                                                            | 1,780                             | 199                    | 1,9900                                               | 1,995                             |
| 115                    |                                        | 1,4035                                                     | 1,575                             | 157                    | 1,6461                                                            | 1,785                             | 200                    | 2,0000                                               | 2,000                             |
| 116                    |                                        | 1,4085                                                     | 1,580                             | 158                    | 1,6529                                                            | 1,790                             |                        |                                                      |                                   |
| 117                    |                                        | 1,4134                                                     | 1,585                             | 159                    | 1,6598                                                            | 1,795                             |                        |                                                      |                                   |
| 118                    |                                        | 1,4184                                                     | 1,590                             | 160                    | 1,6667                                                            | 1,800                             |                        |                                                      |                                   |



## II. Für Flüssigkeiten, welche leichter sind als Wasser.

| Grade<br>der<br>Aräometer | 100 theiliges<br>Aräometer<br>nach<br>Gay-Lussac | Amtl. preuss.<br>Aräometer<br>nach Brix<br>(12,5° R.) | Aräometer<br>nach Beck<br>(10° R.) | Aräometer<br>nach<br>Baumé<br>(10° R.) | Aräometer<br>nach<br>Cartier<br>(10° R.) |
|---------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|
| 0                         | 1,0000                                           | 1,0000                                                | 1,0000                             |                                        |                                          |
| 1                         | 0,9901                                           | 0,9975                                                | 0,9941                             |                                        |                                          |
| 2                         | 0,9804                                           | 0,9950                                                | 0,9883                             |                                        |                                          |
| 3                         | 0,9709                                           | 0,9926                                                | 0,9826                             |                                        |                                          |
| 4                         | 0,9615                                           | 0,9901                                                | 0,9770                             |                                        |                                          |
| 5                         | 0,9524                                           | 0,9877                                                | 0,9714                             |                                        |                                          |
| 6                         | 0,9434                                           | 0,9852                                                | 0,9659                             |                                        |                                          |
| 7                         | 0,9346                                           | 0,9828                                                | 0,9604                             |                                        |                                          |
| 8                         | 0,9259                                           | 0,9804                                                | 0,9550                             |                                        |                                          |
| 9                         | 0,9174                                           | 0,9780                                                | 0,9497                             |                                        |                                          |
| 10                        | 0,9091                                           | 0,9756                                                | 0,9444                             | 1,0000                                 |                                          |
| 11                        | 0,9009                                           | 0,9732                                                | 0,9392                             | 0,9932                                 |                                          |
| 12                        | 0,8929                                           | 0,9709                                                | 0,9340                             | 0,9865                                 |                                          |
| 13                        | 0,8850                                           | 0,9685                                                | 0,9289                             | 0,9799                                 |                                          |
| 14                        | 0,8772                                           | 0,9662                                                | 0,9239                             | 0,9733                                 | 0,9764                                   |
| 15                        | 0,8696                                           | 0,9639                                                | 0,9189                             | 0,9669                                 | 0,9695                                   |
| 16                        | 0,8621                                           | 0,9615                                                | 0,9139                             | 0,9605                                 | 0,9627                                   |
| 17                        | 0,8547                                           | 0,9592                                                | 0,9090                             | 0,9542                                 | 0,9560                                   |
| 18                        | 0,8475                                           | 0,9569                                                | 0,9042                             | 0,9480                                 | 0,9493                                   |
| 19                        | 0,8403                                           | 0,9547                                                | 0,8994                             | 0,9420                                 | 0,9427                                   |
| 20                        | 0,8333                                           | 0,9524                                                | 0,8947                             | 0,9359                                 | 0,9363                                   |
| 21                        | 0,8264                                           | 0,9501                                                | 0,8900                             | 0,9300                                 | 0,9299                                   |
| 22                        | 0,8197                                           | 0,9479                                                | 0,8854                             | 0,9241                                 | 0,9237                                   |
| 23                        | 0,8130                                           | 0,9456                                                | 0,8804                             | 0,9183                                 | 0,9175                                   |
| 24                        | 0,8065                                           | 0,9434                                                | 0,8762                             | 0,9125                                 | 0,9114                                   |
| 25                        | 0,8000                                           | 0,9412                                                | 0,8718                             | 0,9068                                 | 0,9054                                   |
| 26                        | 0,7937                                           | 0,9390                                                | 0,8673                             | 0,9012                                 | 0,8994                                   |
| 27                        | 0,7874                                           | 0,9368                                                | 0,8629                             | 0,8957                                 | 0,8935                                   |
| 28                        | 0,7813                                           | 0,9346                                                | 0,8585                             | 0,8902                                 | 0,8877                                   |
| 29                        | 0,7752                                           | 0,9324                                                | 0,8542                             | 0,8848                                 | 0,8820                                   |
| 30                        | 0,7692                                           | 0,9302                                                | 0,8500                             | 0,8795                                 | 0,8763                                   |
| 31                        | 0,7634                                           | 0,9281                                                | 0,8457                             | 0,8742                                 | 0,8707                                   |
| 32                        | 0,7576                                           | 0,9259                                                | 0,8415                             | 0,8690                                 | 0,8652                                   |
| 33                        | 0,7519                                           | 0,9238                                                | 0,8374                             | 0,8639                                 | 0,8598                                   |
| 34                        | 0,7463                                           | 0,9217                                                | 0,8333                             | 0,8588                                 | 0,8545                                   |



| Grade<br>der<br>Aräometer | 100 theiliges<br>Aräometer<br>nach<br>Gay-Lussac | Amtl. preuss.<br>Aräometer<br>nach Brix<br>(12,5° R.) | Aräometer<br>nach Beck<br>(10° R.) | Aräometer<br>nach<br>Baumé<br>(10° R.) | Aräometer<br>nach<br>Cartier<br>(10° R.) |
|---------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------|
| 35                        | 0,7407                                           | 0,9195                                                | 0,8292                             | 0,8538                                 | 0,8491                                   |
| 36                        | 0,7353                                           | 0,9174                                                | 0,8252                             | 0,8488                                 | 0,8439                                   |
| 37                        | 0,7299                                           | 0,9153                                                | 0,8212                             | 0,8439                                 | 0,8387                                   |
| 38                        | 0,7246                                           | 0,9132                                                | 0,8173                             | 0,8391                                 | 0,8336                                   |
| 39                        | 0,7194                                           | 0,9112                                                | 0,8133                             | 0,8343                                 | 0,8286                                   |
| 40                        | 0,7143                                           | 0,9091                                                | 0,8095                             | 0,8295                                 |                                          |
| 41                        | 0,7092                                           | 0,9070                                                | 0,8061                             | 0,8249                                 |                                          |
| 42                        | 0,7042                                           | 0,9050                                                | 0,8018                             | 0,8202                                 |                                          |
| 43                        | 0,6993                                           | 0,9029                                                | 0,7981                             | 0,8156                                 |                                          |
| 44                        | 0,6944                                           | 0,9009                                                | 0,7944                             | 0,8111                                 |                                          |
| 45                        | 0,6897                                           | 0,8989                                                | 0,7907                             | 0,8066                                 |                                          |
| 46                        | 0,6849                                           | 0,8969                                                | 0,7871                             | 0,8022                                 |                                          |
| 47                        | 0,6803                                           | 0,8949                                                | 0,7834                             | 0,7978                                 |                                          |
| 48                        | 0,6757                                           | 0,8929                                                | 0,7799                             | 0,7935                                 |                                          |
| 49                        | 0,6711                                           | 0,8909                                                | 0,7763                             | 0,7892                                 |                                          |
| 50                        | 0,6667                                           | 0,8889                                                | 0,7727                             | 0,7849                                 |                                          |
| 51                        |                                                  | 0,8869                                                | 0,7692                             | 0,7807                                 |                                          |
| 52                        |                                                  | 0,8850                                                | 0,7658                             | 0,7766                                 |                                          |
| 53                        |                                                  | 0,8830                                                | 0,7623                             | 0,7725                                 |                                          |
| 54                        |                                                  | 0,8811                                                | 0,7589                             | 0,7684                                 |                                          |
| 55                        |                                                  | 0,8791                                                | 0,7556                             | 0,7643                                 |                                          |
| 56                        |                                                  | 0,8772                                                | 0,7522                             | 0,7604                                 |                                          |
| 57                        |                                                  | 0,8753                                                | 0,7489                             | 0,7565                                 |                                          |
| 58                        |                                                  | 0,8734                                                | 0,7456                             | 0,7526                                 |                                          |
| 59                        |                                                  | 0,8715                                                | 0,7423                             | 0,7487                                 |                                          |
| 60                        |                                                  | 0,8696                                                | 0,7391                             | 0,7449                                 |                                          |
| 61                        |                                                  | 0,8677                                                | 0,7359                             |                                        |                                          |
| 62                        |                                                  | 0,8658                                                | 0,7328                             |                                        |                                          |
| 63                        |                                                  | 0,8639                                                | 0,7296                             |                                        |                                          |
| 64                        |                                                  | 0,8621                                                | 0,7265                             |                                        |                                          |
| 65                        |                                                  | 0,8602                                                | 0,7234                             |                                        |                                          |
| 66                        |                                                  | 0,8584                                                | 0,7203                             |                                        |                                          |
| 67                        |                                                  | 0,8565                                                | 0,7173                             |                                        |                                          |
| 68                        |                                                  | 0,8547                                                | 0,7142                             |                                        |                                          |
| 69                        |                                                  | 0,8529                                                | 0,7112                             |                                        |                                          |
| 70                        |                                                  | 0,8511                                                | 0,7083                             |                                        |                                          |



| Grade der<br>Aräometer | Volumeter<br>nach<br>Gay-Lussac | Amtl. preuss.<br>Aräometer<br>Brix (12,5° R.) | Grade der<br>Aräometer | Volumeter<br>nach<br>Gay-Lussac | Amtl. preuss.<br>Aräometer<br>Brix (12,5° R.) | Grade der<br>Aräometer | Volumeter<br>nach<br>Gay-Lussac | Amtl. preuss.<br>Aräometer<br>Brix (12,5° R.) |
|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------|
| 71                     |                                 | 0,8493                                        | 115                    | 0,8696                          | 0,7767                                        | 158                    |                                 | 0,7168                                        |
| 72                     |                                 | 0,8475                                        | 116                    | 0,8621                          | 0,7752                                        | 159                    |                                 | 0,7156                                        |
| 73                     |                                 | 0,8457                                        | 117                    | 0,8547                          | 0,7737                                        | 160                    |                                 | 0,7143                                        |
| 74                     |                                 | 0,8439                                        | 118                    | 0,8475                          | 0,7722                                        | 161                    |                                 | 0,7130                                        |
| 75                     |                                 | 0,8421                                        | 119                    | 0,8403                          | 0,7707                                        | 162                    |                                 | 0,7117                                        |
| 76                     |                                 | 0,8403                                        | 120                    | 0,8333                          | 0,7692                                        | 163                    |                                 | 0,7105                                        |
| 77                     |                                 | 0,8386                                        | 121                    | 0,8264                          | 0,7678                                        | 164                    |                                 | 0,7092                                        |
| 78                     |                                 | 0,8368                                        | 122                    | 0,8197                          | 0,7663                                        | 165                    |                                 | 0,7080                                        |
| 79                     |                                 | 0,8351                                        | 123                    | 0,8130                          | 0,7648                                        | 166                    |                                 | 0,7067                                        |
| 80                     |                                 | 0,8333                                        | 124                    | 0,8065                          | 0,7634                                        | 167                    |                                 | 0,7055                                        |
| 81                     |                                 | 0,8316                                        | 125                    | 0,8000                          | 0,7619                                        | 168                    |                                 | 0,7042                                        |
| 82                     |                                 | 0,8299                                        | 126                    | 0,7937                          | 0,7605                                        | 169                    |                                 | 0,7030                                        |
| 83                     |                                 | 0,8282                                        | 127                    | 0,7874                          | 0,7590                                        | 170                    |                                 | 0,7018                                        |
| 84                     |                                 | 0,8264                                        | 128                    | 0,7813                          | 0,7576                                        | 171                    |                                 | 0,7005                                        |
| 85                     |                                 | 0,8247                                        | 129                    | 0,7752                          | 0,7561                                        | 172                    |                                 | 0,6993                                        |
| 86                     |                                 | 0,8230                                        | 130                    | 0,7692                          | 0,7547                                        | 173                    |                                 | 0,6981                                        |
| 87                     |                                 | 0,8214                                        | 131                    | 0,7634                          | 0,7533                                        | 174                    |                                 | 0,6969                                        |
| 88                     |                                 | 0,8197                                        | 132                    | 0,7576                          | 0,7519                                        | 175                    |                                 | 0,6957                                        |
| 89                     |                                 | 0,8180                                        | 133                    | 0,7519                          | 0,7505                                        | 176                    |                                 | 0,6944                                        |
| 90                     |                                 | 0,8163                                        | 134                    | 0,7463                          | 0,7491                                        | 177                    |                                 | 0,6932                                        |
| 91                     |                                 | 0,8147                                        | 135                    | 0,7407                          | 0,7477                                        | 178                    |                                 | 0,6920                                        |
| 92                     |                                 | 0,8130                                        | 136                    | 0,7353                          | 0,7463                                        | 179                    |                                 | 0,6908                                        |
| 93                     |                                 | 0,8114                                        | 137                    | 0,7299                          | 0,7449                                        | 180                    |                                 | 0,6897                                        |
| 94                     |                                 | 0,8097                                        | 138                    | 0,7246                          | 0,7435                                        | 181                    |                                 | 0,6885                                        |
| 95                     |                                 | 0,8081                                        | 139                    | 0,7194                          | 0,7421                                        | 182                    |                                 | 0,6873                                        |
| 96                     |                                 | 0,8065                                        | 140                    | 0,7143                          | 0,7407                                        | 183                    |                                 | 0,6861                                        |
| 97                     |                                 | 0,8048                                        | 141                    | 0,7092                          | 0,7394                                        | 184                    |                                 | 0,6849                                        |
| 98                     |                                 | 0,8032                                        | 142                    | 0,7042                          | 0,7380                                        | 185                    |                                 | 0,6838                                        |
| 99                     |                                 | 0,8016                                        | 143                    | 0,6993                          | 0,7366                                        | 186                    |                                 | 0,6826                                        |
| 100                    | 1,0000                          | 0,8000                                        | 144                    | 0,6944                          | 0,7353                                        | 187                    |                                 | 0,6814                                        |
| 101                    | 0,9901                          | 0,7984                                        | 145                    | 0,6897                          | 0,7339                                        | 188                    |                                 | 0,6803                                        |
| 102                    | 0,9804                          | 0,7968                                        | 146                    | 0,6849                          | 0,7326                                        | 189                    |                                 | 0,6791                                        |
| 103                    | 0,9709                          | 0,7952                                        | 147                    | 0,6803                          | 0,7313                                        | 190                    |                                 | 0,6780                                        |
| 104                    | 0,9615                          | 0,7937                                        | 148                    | 0,6757                          | 0,7299                                        | 191                    |                                 | 0,6768                                        |
| 105                    | 0,9524                          | 0,7921                                        | 149                    | 0,6711                          | 0,7286                                        | 192                    |                                 | 0,6757                                        |
| 106                    | 0,9434                          | 0,7905                                        | 150                    | 0,6667                          | 0,7273                                        | 193                    |                                 | 0,6745                                        |
| 107                    | 0,9346                          | 0,7890                                        | 151                    |                                 | 0,7260                                        | 194                    |                                 | 0,6734                                        |
| 108                    | 0,9259                          | 0,7874                                        | 152                    |                                 | 0,7246                                        | 195                    |                                 | 0,6723                                        |
| 109                    | 0,9174                          | 0,7859                                        | 153                    |                                 | 0,7233                                        | 196                    |                                 | 0,6711                                        |
| 110                    | 0,9091                          | 0,7843                                        | 154                    |                                 | 0,7220                                        | 197                    |                                 | 0,6700                                        |
| 111                    | 0,9009                          | 0,7828                                        | 155                    |                                 | 0,7207                                        | 198                    |                                 | 0,6689                                        |
| 112                    | 0,8929                          | 0,7813                                        | 156                    |                                 | 0,7194                                        | 199                    |                                 | 0,6678                                        |
| 113                    | 0,8850                          | 0,7797                                        | 157                    |                                 | 0,7181                                        | 200                    |                                 | 0,6667                                        |
| 114                    | 0,8772                          | 0,7782                                        |                        |                                 |                                               |                        |                                 |                                               |

Die Verdünnung einer concentrirten Flüssigkeit auf einen bestimmten niedrigen Grad wird mit Hülfe der betreffenden Tabelle bewerkstelligt, indem man den Procentgehalt der concentrirten Flüssigkeit durch den Procentgehalt der verdünnten Flüssigkeit dividirt. Da die



Mengen der concentrirten und verdünnten Flüssigkeit umgekehrt proportional ihrem Gehalte sind, so giebt der Quotient die Menge der verdünnten Flüssigkeit an, welche aus 1 Thl. concentrirter entstehen wird.

Hat man z. B. 3000 g Salpetersäure von 1,293 spec. Gew. in eine Säure von 1,201 spec. Gew. durch Verdünnen mit Wasser zu verwandeln, so ermittelt man zuvor den Procentgehalt dieser Säuren. Eine Säure von 1,293 enthält 40 Proc., eine Säure von 1,201 enthält 28 Proc. Salpetersäureanhydrid. Da mit der Verdünnung der Procentgehalt geringer, das Volumen aber grösser wird, so verhält sich:

$$28 \text{ Proc.} : 40 \text{ Proc.} = 3000 \text{ g} : x$$

oder

$$x = \frac{40 \cdot 3000}{28} = 4286 \text{ g.}$$

Die 3000 g Salpetersäure von 40 Proc. Gehalt müssen also bis auf ein Gewicht von 4286 g mit Wasser verdünnt werden, oder die 3000 g stärkere Säure sind mit  $(4286 - 3000) = 1286 \text{ g}$  Wasser zu verdünnen.

Hat man zwei Lösungen von verschiedenem Procentgehalte und man will eine derselben durch Vermischen mit der anderen in eine Lösung von gewissem Procentgehalte verwandeln, so verhalten sich das Plus und das Minus des Procentgehaltes der beiden gegebenen Flüssigkeiten von dem Procentgehalte der herzustellenden Flüssigkeit umgekehrt, wie ihre Gewichtsmengen.



Tabelle zur Reduction des specifischen Gewichtes leichter Flüssigkeiten bei verschiedenen Temperaturen auf die Normaltemperatur von 15,5° C. = 12,3° R. = 60° F.<sup>1)</sup>.

1. Für specifische Gewichte von 0,880 und darunter.

| Temperaturgrade | 2      | 4     | 6     | 8     | 10     | 12    | 13½   | 15,5° | 17½   | 19½    | 21½   | 23     | 25    | 27    | 29    | zuzu-<br>setzen |
|-----------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-----------------|
| Abzuziehen      | 0,0105 | 0,009 | 0,008 | 0,006 | 0,0045 | 0,003 | 0,002 | 0     | 0,001 | 0,0025 | 0,004 | 0,0055 | 0,007 | 0,008 | 0,009 |                 |

2. Für specifische Gewichte zwischen 0,880 und 0,920.

| Temperatur | 2      | 4      | 5½     | 7      | 9     | 10½   | 12     | 14    | 15,5° | 17    | 19     | 20½    | 22    | 24    | 25½   | 27    | 29     | zuzu-<br>setzen |
|------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-----------------|
| Abzuziehen | 0,0100 | 0,0085 | 0,0075 | 0,0065 | 0,005 | 0,004 | 0,0025 | 0,001 | 0     | 0,001 | 0,0025 | 0,0035 | 0,005 | 0,006 | 0,007 | 0,008 | 0,0095 |                 |

3. Für specifische Gewichte zwischen 0,920 und 0,960.

| Temperatur | 1½    | 3     | 4½    | 6     | 7     | 8½    | 10    | 11½   | 13    | 14    | 15,5° | 17    | 18    | 19½   | 21    | 22½   | 24    | 25    | 26½   | 28    | 29½   | zuzu-<br>setzen |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|
| Abzuziehen | 0,010 | 0,009 | 0,008 | 0,007 | 0,006 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,002 | 0,001 | 0     | 0,001 | 0,002 | 0,003 | 0,004 | 0,005 | 0,006 | 0,007 | 0,008 | 0,009 | 0,010 |                 |

Anmerkung. Die Reductionsscala ist nicht dieselbe für höhere oder niedrigere specifische Gewichte, daher sind drei verschiedene Tabellen gegeben. Wenn die beobachtete Temperatur unter der normalen ist, muss man die bezeichneten Grössen von dem scheinbaren specifischen Gewichte abziehen, um das specifische Gewicht bei der Normaltemperatur zu erhalten; ist dagegen die beobachtete Temperatur über der normalen, so muss man die betreffenden Zahlen zusetzen.

<sup>1)</sup> Lunge, Industrie der Steinkohlen-Theerdestillation 1882, S. 350.



Vergleichende Tabelle der Thermometerscalen von Celsius, Réaumur und Fahrenheit.

| Celsius | Réaumur | Fahrenheit | Celsius | Réaumur | Fahrenheit |
|---------|---------|------------|---------|---------|------------|
| + 100   | + 80    | + 212      | + 20    | + 16    | + 68       |
| + 90    | + 72    | + 194      | + 10    | + 8     | + 40       |
| + 80    | + 64    | + 176      | 0       | 0       | + 32       |
| + 70    | + 56    | + 158      | — 10    | — 8     | + 14       |
| + 60    | + 48    | + 140      | — 20    | — 16    | — 4        |
| + 50    | + 40    | + 122      | — 30    | — 24    | — 22       |
| + 40    | + 32    | + 104      | — 40    | — 32    | — 40       |
| + 30    | + 24    | + 86       |         |         |            |

$$\frac{\text{Gegebene Grade Celsius}}{5} \cdot 4 = \text{Graden Réaumur.}$$

$$\frac{\text{Gegebene Grade Celsius}}{5} \cdot 9 + 32 = \text{Graden Fahrenheit.}$$

$$\frac{\text{Gegebene Grade Réaumur}}{4} \cdot 5 = \text{Graden Celsius.}$$

$$\frac{\text{Gegebene Grade Réaumur}}{4} \cdot 9 + 32 = \text{Graden Fahrenheit.}$$

$$(\text{Gegebene Grade Fahrenheit} - 32) \cdot \frac{5}{9} = \text{Graden Celsius.}$$

$$(\text{Gegebene Grade Fahrenheit} - 32) \cdot \frac{4}{9} = \text{Graden Réaumur.}$$



## Reagentien, ihre Bereitung und Prüfung.

### Alkohol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ).

Man benutzt absoluten Alkohol oder solchen von 80 bis 90 Procent. Reiner Alkohol darf, zwischen den Händen gerieben, keinen Geruch nach Fuselöl hinterlassen, muss auf Lackmuspapier vollständig neutral reagieren und ohne Rückstand verdunsten.

### Bleiessig.

600 g Bleizucker und 200 g Bleiglätte übergiesst man mit zwei Liter Wasser. Nach zwölfstündigem Stehen an einem warmen Orte unter bisweiligem Umschütteln filtrirt man und hebt das Filtrat in gut verschlossenen Flaschen auf.

Der Bleiessig muss eine stark alkalische Reaction und ein specifisches Gewicht von 1,20 bis 1,25 bei  $17,5^\circ\text{C}$ . besitzen.

### Bleipapier.

Man tränkt Streifen von ungeleimtem Papier mit einer Lösung von essigsaurem Blei (1:10), trocknet sie an einem vor Schwefelwasserstoff geschützten Orte und bewahrt sie in gut verschlossenen Gefässen auf.

### Brom - Natronlauge.

(Zu Knop's Azotometer.)

100 g reines Aetznatron werden mit Wasser zu  $1\frac{1}{4}$  Liter aufgelöst. In diese, durch Einsetzen in kaltes Wasser gut gekühlte Lösung bringt man 25 ccm Brom, löst dasselbe durch kräftiges Schütteln auf und lässt vollständig erkalten. Die Bromlauge muss in gut verschlossenen Flaschen, vor Licht geschützt, aufbewahrt werden.

### Chlorbariumlösung ( $\text{BaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ).

1 Theil käufliches, reines Chlorbarium zu 10 Theilen Wasser. Die Lösung muss vollständig neutral reagiren; versetzt man dieselbe mit



überschüssiger Schwefelsäure, so darf die vom schwefelsauren Barium abfiltrirte Lösung beim Verdampfen keinen Rückstand hinterlassen.

### Curcuma papier.

Man digerirt das Pulver der Curcumawurzel mit acht Theilen eines Gemisches aus gleichen Theilen Alkohol und Wasser einige Stunden lang und tränkt mit der filtrirten Tinctur Streifen von dünnem Filtrirpapier, welche an der Luft getrocknet werden.

### Destillirtes Wasser ( $H_2O$ ).

Man bereitet dasselbe durch Destillation, d. h. durch Wiederverdichtung von Wasserdämpfen durch Kühlung. In Fabriken benutzt man Kesseldampf, welcher in geeigneter Weise mit einem Kühlapparate in Verbindung gebracht wird.

Das destillirte Wasser soll farb-, geruch- und geschmacklos sein, beim Verdampfen nicht den geringsten Rückstand hinterlassen, und weder mit salpetersaurem Silber (Chlor), noch mit Chlorbarium (Schwefelsäure) eine Trübung geben. Mit Nessler's Reagens vermischt, darf keine Gelbfärbung entstehen (Ammoniak).

### Jodkalium-Stärkekleister.

1 Theil Stärkemehl mit 20 Theilen Wasser zu einem dünnen Stärkekleister gekocht, wird mit 1 Theil Jodkalium versetzt.

Zur Herstellung des Jodkaliumstärke-Papiers taucht man in obige Flüssigkeit Streifen von Filtrirpapier, welche getrocknet in gut verschlossenen Gefäßen aufbewahrt werden.

### Lackmuspapier.

Durch Eintauchen von Filtrirpapier in die absolut neutrale Lackmustinctur erhält man sogenanntes neutrales Lackmuspapier, welches an einem vor Säure- und Ammoniakdämpfen geschützten Orte getrocknet wird. Zur Herstellung von rothem oder blauem Lackmuspapier versetzt man die neutrale Tinctur mit einigen Tropfen Schwefelsäure resp. Natronlauge, und tränkt damit Filtrirpapier.

### Lackmustinctur.

Käufliches Lackmus wird mit der 10 fachen Menge heissen Wassers unter Umrühren eine Zeit lang stehen gelassen. Nach dem Absetzen hebt man die über dem Schlamm befindliche blaue Lösung ab, welche unter Umrühren so lange mit verdünnter Schwefelsäure versetzt wird,



bis eine violette Färbung eintritt; ein Tropfen verdünnter Schwefelsäure muss dann eine zwiebelrothe, ein Tropfen Natronlauge eine blaue Färbung hervorrufen. Man fügt hierauf  $\frac{1}{3}$  Vol. Alkohol hinzu, filtrirt und bewahrt in offenen oder lose bedeckten Flaschen auf.

### Nessler's Reagens.

Quecksilberkaliumjodidlösung ( $\text{HgJ}_2 \cdot 2\text{KJ} + n\text{NaHO}$ ). Man löst 4,0 g Jodkalium in 10 ccm Wasser, zu welchen man unter Erwärmen so viel rothes Quecksilberjodid hinzufügt, dass zuletzt noch etwas derselben ungelöst bleibt. Nach dem Erkalten der Lösung verdünnt man mit 40 ccm Wasser, filtrirt und setzt 75 ccm Kalilauge (1 Thl. Aetzkali und 2 Thle. Wasser) hinzu. Die so hergestellte alkalische Lösung bleibt in einem bedeckten Cylinder 24 bis 48 Stunden stehen; die vorsichtig abzugießende Lösung muss in gut verschlossenen Flaschen aufbewahrt werden. (Andere Darstellungsweise siehe Seite 104.)

### Phenolphtaleinlösung.

1 Theil Phenolphtalein zu 500 Theilen Alkohol von 90 Procent.

### Rosolsäure-Lösung (Corallin).

1 Thl. Rosolsäure oder Corallin zu 100 Thln. Alkohol von 90 Procent.

### Salzsäure ( $\text{HCl}$ ).

Die reine Salzsäure hat ein specifisches Gewicht von 1,100 bis 1,120 und enthält 20 bis 25 Procent Chlorwasserstoffgas. Sie soll farblos sein und beim Abdampfen nicht gelb werden (Eisen). In der mit destillirtem Wasser verdünnten Säure darf Chlorbariumlösung keinen Niederschlag erzeugen (Schwefelsäure); sie darf Jodkalium-Stärkekleister nicht bläuen (Chlor, auch Eisenchlorid), eine durch Jodstärke schwach blau gefärbte Flüssigkeit nicht entfärben (schweflige Säure) und beim Verdunsten keinen Rückstand hinterlassen.

### Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ).

Die reine Salpetersäure hat ein specifisches Gewicht von 1,200 und enthält 32 bis 33 Procent Salpetersäure. Sie muss farblos sein und nach dem Verdunsten keinen Rückstand lassen. Die stark mit destillirtem Wasser verdünnte Säure darf auf Zusatz von Silbernitrat- und Chlorbariumlösung sich nicht trüben (Chlor- und Schwefelsäure).



Schwefelsäure, concentrirte ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Reine Schwefelsäure von 1,830 specifischem Gewicht muss farblos sein und ohne Hinterlassung eines Rückstandes sich verflüchtigen. In einem Reagensgläschen mit Eisenvitriollösung vorsichtig überschichtet, darf sie an der Berührungsschicht keine braune Zone zeigen (Salpetersäure). Sie muss mit reinem Zink und Wasser Wasserstoffgas liefern, welches beim Durchleiten durch ein glühendes Glasrohr keinen Anflug von Arsen giebt. Mit 4 bis 5 Theilen Alkohol vermischt, muss sie vollkommen klar bleiben (Bleioxyd, Eisenoxyd, Kalk).

## Schwefelsäure, verdünnte.

Man vermischt 1 Theil concentrirte Schwefelsäure mit 3 Theilen Wasser in der Weise, dass die Säure in das Wasser — (nicht umgekehrt) — in einem sehr dünnen Strahle unter Umrühren eingegossen wird.

Silbernitratlösung ( $\text{AgNO}_3$ ).

1 Theil reines, geschmolzenes, salpetersaures Silber zu 20 Theilen Wasser. Die Lösung soll neutral reagiren, nach dem Versetzen derselben mit überschüssiger Salzsäure darf die von dem Chlorsilber abfiltrirte Flüssigkeit beim Verdampfen keinen Rückstand hinterlassen.



## Normalflüssigkeiten, ihre Bereitung und Prüfung.

### Normal-Schwefelsäure.

$$1000 \text{ ccm} = 39,93 \text{ g SO}_3 \text{ oder } 48,91 \text{ g H}_2\text{SO}_4.$$

Man giesst unter fortwährendem Umrühren einen Theil concentrirte Schwefelsäure in 15 Theile Wasser, und bestimmt nach dem völligen Erkalten des Gemisches dessen Gehalt an Schwefelsäure durch Fällen mit Chlorbariumlösung. Die gefundene Menge schwefelsauren Baryts mit dem Factor 0,3432 multiplicirt, giebt die entsprechende Menge Schwefelsäure an.

Man verwendet dazu 10 ccm, die man mit 100 ccm Wasser verdünnt, wiederholt die Bestimmung mindestens drei bis vier Male, um ein völlig richtiges Durchschnitts-Resultat zu erlangen, und verdünnt, dem gefundenen Gehalt an Schwefelsäure entsprechend, die dargestellte Mischung mit so viel Wasser, dass  $10 \text{ ccm} = 0,3993$  (abgerundet 0,40 g) Schwefelsäure enthalten.

Geben z. B. 10 ccm der ursprünglichen Säuremischung im Mittel von drei Bestimmungen 1,2525 g schwefelsaures Barium, so enthalten sie  $1,2525 \times 0,3432$  (Factor) = 0,4299 g Schwefelsäure. Es müssen dem zufolge 10 ccm der verdünnten Säure nach dem Ansätze:

$$\begin{aligned} 0,40 : 0,4299 &= 10,0 : x \\ x &= 10,75 \end{aligned}$$

zu 10,75 ccm mit destillirtem Wasser verdünnt werden, oder es müssen zu 10 ccm 0,75 ccm Wasser hinzugefügt werden, um Normal-schwefelsäure daraus herzustellen. Dem entsprechend würde man 1000 ccm der Mischung mit weiteren 75 ccm Wasser zu verdünnen haben, um den gewünschten Gehalt:  $1,0 \text{ ccm} = 0,040$  Schwefelsäure zu erhalten.

Nachdem man durch nochmalige genaue quantitative Bestimmung sich von der Richtigkeit der hergestellten Normalschwefelsäure überzeugt hat, bewahrt man sie in gut verschlossenen Flaschen auf.



## Normal-Salpetersäure.

$$1000 \text{ ccm} = 62,89 \text{ g HNO}_3.$$

Man stellt eine mit Wasser verdünnte Salpetersäure (etwa 200 ccm concentrirte Salpetersäure von 1,2 spec. Gewichte auf 1 Liter Wasser) auf Normalnatronlauge so ein, dass zur Sättigung beider genau gleiche Volumina verbraucht werden. Es werden zu dem Zwecke 25 ccm Wasser verdünnt, einige Tropfen Lackmustinctur hinzugefügt, und nun aus einer Bürette von der verdünnten Salpetersäure hinzugelassen, bis der blaue Lackmusfarbstoff eben in Roth übergeht. Hat man bei verschiedenen Versuchen festgestellt, dass z. B. 21,6 ccm Salpetersäure zur Neutralisation von 25 ccm Normalnatronlauge erforderlich sind, so müssen dem zufolge 21,6 ccm Säure auf 25 ccm Volumen, also mit 3,4 ccm Wasser verdünnt werden. Ist in diesem Verhältnisse das ganze Quantum der Salpetersäure mit Wasser vermischt — (man würde zu je 1000 ccm Säure, nach dem Ansätze  $21,6 : 3,4 = 1000 : x$ ,  $x = 157,4$  ccm Wasser zusetzen müssen) —, so überzeugt man sich durch Wiederholung des Sättigungsversuchs, ob von beiden genau gleiche Volumina gebraucht werden.

## Normal-Salzsäure.

$$1000 \text{ ccm} = 36,37 \text{ g HCl.}$$

Man verdünnt etwa 200 ccm reine Salzsäure von 1,10 specifischem Gewichte mit Wasser auf 1000 ccm und verfährt im Uebrigen genau wie bei Herstellung der Normal-Salpetersäure.

## Normal-Natronlauge.

$$1000 \text{ ccm} = 39,96 \text{ g NaHO.}$$

Käufliche reine Natronlauge von 1,13 bis 1,15 specifischem Gewichte (dargestellt durch Auflösen von reinem Aetznatron) wird mit dem gleichen Volum Wasser verdünnt und genau auf Normalschwefelsäure (Salz- oder Salpetersäure) eingestellt. Man misst 10 ccm der Säure in eine Porcellanschale, verdünnt mit etwas Wasser, setzt etwas Lackmustinctur oder Phenolphthalein-Lösung hinzu, und fügt von der in einer Bürette befindlichen Natronlauge so lange tropfenweise hinzu, bis die bekannte Farbenveränderung eintritt. Sind hierbei z. B. 6,8 ccm der Natronlauge gebraucht worden, so müssen 6,8 ccm derselben zu 10 ccm resp. 680 ccm zu 1000 ccm Flüssigkeit verdünnt werden, um eine der Normalschwefelsäure gleichwerthige Normalnatronlauge zu erhalten. Eine Controle des Gehaltes der fertigen Normalflüssigkeit durch nochmaliges Titriren darf nicht versäumt werden.

---

Durch entsprechende Verdünnungen erhält man  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{5}$  oder  $\frac{1}{10}$  Normalflüssigkeiten.



1 ccm Normalsäure entspricht:

0,017 g Ammoniak,  
 0,0535 g Chlorammonium,  
 0,0157 g kohlensaurem Ammoniak,  
 0,0132 g phosphorsaurem „  
 0,080 g salpetersaurem „  
 0,066 g schwefelsaurem „  
 0,04 g Natronlauge.

1 ccm Normal-Natronlauge entspricht:

0,0365 g Salzsäure,  
 0,063 g Salpetersäure,  
 0,049 g Schwefelsäure,  
 0,098 g Phosphorsäure, gewöhnliche.



## Verzeichniss der benutzten Werke und Zeitschriften.

---

### 1. Deutsche.

Fleck: Die Fabrikation chemischer Producte aus thierischen Abfällen.  
Graham-Otto: Lehrbuch der Chemie.  
Hofmann's Bericht über die Wiener Welt-Ausstellung.  
Lunge: Die Industrie der Steinkohlen-Theerdestillation.  
Schilling: Handbuch der Steinkohlen-Gasbeleuchtung.  
Wagner: Düngerfabrikation.  
Archiv der Pharmacie.  
Chemiker-Zeitung.  
Die chemische Industrie.  
Dingler's polytechnisches Journal.  
Journal für Gasbeleuchtung.  
Journal für praktische Chemie.  
Liebig's Annalen der Chemie und Pharmacie.  
Patentschriften (1880 bis Februar 1887 incl.).  
Poggendorff's Annalen.  
Zeitschrift für analytische Chemie.

### 2. Amerikanische.

American Gaslight Journal.  
Journal of the American Chemical Society.  
Patentschriften (1880 bis Februar 1887 incl.).

### 3. Englische.

Chemical News.  
Journal of Gaslighting.  
Journal of the Chemical Society.  
Journal of the Society of Chemical Industrie.  
Patentschriften (1880 bis Februar 1887 incl.).

### 4. Französische.

Annales de chimie et de physique.  
Bulletin de la Société chimique de Paris.  
Comptes rendus.  
Les corps gras industriels.

---



# ALPHABETISCHES SACHREGISTER.

|                                               | Seite |                                        | Seite  |
|-----------------------------------------------|-------|----------------------------------------|--------|
| Abflusswasserreinigung . . . . .              | 101   | Coffey Blase . . . . .                 | 37. 39 |
| Aetzammoniak . . . . .                        | 72    | Concentrirtes Ammoniakwasser . . . . . | 25. 74 |
| Alkohol . . . . .                             | 138   | Corallin . . . . .                     | 140    |
| Amide . . . . .                               | 5     | Curcumapapier . . . . .                | 139    |
| Ammoniak . . . . .                            | 3     | Cyanammonium . . . . .                 | 20     |
| — Bestimmung . . . . .                        | 104   | Cyansaures Ammoniak . . . . .          | 21     |
| — Darstellung . . . . .                       | 72    | Destillirtes Wasser . . . . .          | 139    |
| — Spec. Gewichtstabelle von . . . . .         | 8     | Dietrich's Tabellen . . . . .          | 108    |
| Ammoniakwasser . . . . .                      | 1     | Dimethylanilinorange . . . . .         | 112    |
| — Bestimmung . . . . . 105.                   | 117   | Dreikesselsystem . . . . .             | 47     |
| — Gehaltstabelle von . . . . .                | 2     | Eismaschine . . . . .                  | 6      |
| — Verarbeitung . . . . .                      | 25    | Gaskalk . . . . .                      | 20     |
| Ammoniaksalze . . . . .                       | 15    | Gaswasser . . . . .                    | 1      |
| Ammoniaksoda . . . . .                        | 84    | — Analyse . . . . .                    | 117    |
| Ammonium . . . . .                            | 14    | Gefriersalz . . . . .                  | 78     |
| Ammoniumamalgam . . . . .                     | 14    | Harnstoff . . . . .                    | 17. 21 |
| Ammonium carbonicum . . . . .                 | 17    | Hirschhornsalz . . . . .               | 17. 82 |
| Ammonium phosphoricum . . . . .               | 85    | Jodkalium-Stärkekleister . . . . .     | 139    |
| Ammoniumsulfhydrat . . . . .                  | 19    | Jodstickstoff . . . . .                | 5      |
| Ammoniummonosulfid . . . . .                  | 19    | Kalkmilch . . . . .                    | 116    |
| Analytisches . . . . .                        | 104   | Kalkzusatz-Apparat . . . . .           | 88     |
| Aräometerscalen . . . . .                     | 129   | — Bestimmung . . . . .                 | 114    |
| Azotometer . . . . . 5.                       | 106   | Klärung des Abflusswassers . . . . .   | 101    |
| Beseitigung d. Schwefelwasserstoffs . . . . . | 99    | Knop's Azotometer . . . . . 5.         | 106    |
| Blaufärbung von Sulfat . . . . . 77.          | 98    | Körting'sches Gebläse . . . . .        | 44     |
| Blausäure . . . . .                           | 20    | Kohlensaures Ammoniak . . . . .        | 16     |
| Bleiessig . . . . .                           | 138   | — halbsaures . . . . .                 | 16     |
| Bleipapier . . . . .                          | 138   | — neutrales . . . . .                  | 16     |
| Bromammonium . . . . .                        | 5     | — saures . . . . .                     | 17     |
| Bromnatronlauge . . . . .                     | 138   | — käufliches . . . . .                 | 17     |
| Bromstickstoff . . . . .                      | 5     | — Darstellung . . . . .                | 82     |
| Carbaminsaures Ammoniak . . . . .             | 17    | Kostenanschlag . . . . .               | 71     |
| Carre'sche Eismaschine . . . . .              | 6     | Lackmuspapier . . . . .                | 139    |
| Chlorammonium . . . . .                       | 21    | Lackmustinctur . . . . .               | 139    |
| — Darstellung . . . . .                       | 78    | Liquor ammonii caustici . . . . . 7.   | 72     |
| — Gehaltstabellen von . . . . .               | 22    |                                        |        |
| Chlorbariumlösung . . . . .                   | 139   |                                        |        |
| Chlorstickstoff . . . . .                     | 4     |                                        |        |



|                                    | Seite    |                                    | Seite  |
|------------------------------------|----------|------------------------------------|--------|
| Nessler's Reagenz . . . . .        | 105. 140 | Salzsäure, Gehaltstabelle über . . | 125    |
| Nitrum flammans . . . . .          | 78       | Schwefelammonium, Einfach- . .     | 19     |
| Normalflüssigkeiten . . . . .      | 142      | — Vierfach- . . . . .              | 19     |
| Phenacetolin . . . . .             | 112      | — Fünffach- . . . . .              | 19     |
| Phenolphtaleinlösung . . . . .     | 140      | — Siebenfach- . . . . .            | 20     |
| Phosphorsäure . . . . .            | 128      | Schwefelcyanammonium . . . . .     | 20. 84 |
| Phosphorsaures Ammoniak . . . .    | 85       | Schwefelkohlenstoff . . . . .      | 20     |
| Polysulfurete . . . . .            | 19       | Schwefelsaures Ammoniak . . . .    | 22     |
| Pyroschwefligsaures Ammoniak .     | 24       | — Darstellung . . . . .            | 74     |
| Quecksilberkaliumjodidlösung . .   | 140      | — Gehaltstabellen über . . . .     | 23     |
| Reagentien . . . . .               | 138      | Schwefelsaures Ammoniak, saures    | 24     |
| Reductionstabelle für spec. Gew.   | 136      | — zweifaches . . . . .             | 24     |
| Reinigung des Abflusswassers . .   | 101      | Schwefelsäure . . . . .            | 141    |
| Rhodanammonium . . . . .           | 20       | — Normal- . . . . .                | 142    |
| — Darstellung . . . . .            | 84       | — Gehaltstabelle über . . . .      | 123    |
| Riechsalz . . . . .                | 17       | Schwefelwasserstoffbeseitigung . . | 99     |
| Rosolsäure . . . . .               | 140      | Schwefligsaures Ammoniak . . . .   | 24     |
| Sättigungskasten . . . . .         | 75       | Silbernitratlösung . . . . .       | 141    |
| Sal cornu cervi volatile . . . . . | 17       | Sodaauslaugerückstände . . . . .   | 20     |
| Salmiak . . . . .                  | 21       | Tabellen von Dietrich . . . . .    | 108    |
| — Darstellung . . . . .            | 78       | Theerscheider . . . . .            | 87     |
| Salmiakgeist . . . . .             | 25       | Thermometerscalen . . . . .        | 137    |
| — Darstellung . . . . .            | 72       | Thioharnstoff . . . . .            | 20     |
| Salpetersäure . . . . .            | 140      | Titration des Ammoniaks . . . .    | 111    |
| — Normal- . . . . .                | 143      | Unterschwefligsaures Ammoniak .    | 24     |
| — Gehaltstabelle über . . . . .    | 126      | Verdünnung einer Flüssigkeit . .   | 135    |
| Salpetersaures Ammoniak . . . .    | 77       | Vorgang in den Gasretorten . . .   | 5      |
| Salzsäure . . . . .                | 140      | Wulff'sche Flaschen . . . . .      | 72     |
| — Normal- . . . . .                | 143      |                                    |        |







Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig.

# Die Chemie des Steinkohlentheers

mit besonderer Berücksichtigung der künstlichen organischen  
Farbstoffe von

**Dr. Gustav Schultz.**

Zweite vollständig umgearbeitete Auflage.

Erster Band. **Die Rohmaterialien.** Mit zahlreichen eingedruckten Holz-  
stichen. gr. 8. geh. Preis 26 *M.*

(Zweiter Band in Vorbereitung.)

---

## Die Industrie

der

# Steinkohlentheer-Destillation und Ammoniakwasser-Verarbeitung.

Von **Dr. Georg Lunge,**

Professor der technischen Chemie am eidgenössischen Polytechnikum zu Zürich.

Mit Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 9 *M.*

---

# Das Anthracen und seine Derivate.

Für Technik und Wissenschaft bearbeitet von  
**G. Auerbach.**

Zweite vermehrte Auflage. gr. 8. geh. Preis 7 *M.* 20 *S.*

---

# Das Naphtalin und seine Derivate

in Beziehung auf Technik und Wissenschaft bearbeitet von  
**M. Balló,**

Professor an der städtischen Oberrealschule in Pest.

gr. 8. geh. Preis 2 *M.*

---

# Neues Handwörterbuch der Chemie.

Auf Grundlage des von Liebig, Poggendorff und Wöhler,  
Kolbe und Fehling herausgegebenen Handwörterbuchs der reinen und  
angewandten Chemie und unter Mitwirkung von

Baumann, Bunsen, Fittig, Fresenius, Hesse,  
Hofmann, Kekulé, Kopp, Wichelhaus und anderen Gelehrten bear-  
beitet und redigirt von

**Dr. Hermann v. Fehling,**

weil. Professor der Chemie an der Königlich Technischen Hochschule in Stuttgart.

Nach dem Tode des Herausgebers fortgesetzt von

**Dr. Carl Hell,**

Professor der Chemie an der Königl. Technischen Hochschule  
in Stuttgart.

Mit Holzstichen. gr. 8. geh.

Erschienen ist:

Lieferung 1 bis 56 (A bis Phosphor). 1871 — 1887. à Lieferung 2 *M.* 40 *S.*  
Preis 134 *M.* 40 *S.*



Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig.

# Handbuch der chemischen Technologie.

In Verbindung mit mehreren Gelehrten und Technikern bearbeitet, und  
herausgegeben von

**Dr. P. A. Bolley,**

weil. Professor der technischen Chemie am Schweizerischen Polytechnikum in Zürich.

Nach dem Tode des Herausgebers fortgesetzt von

**Dr. K. Birnbaum,**

Hofrath und Professor der Chemie an der technischen Hochschule in Karlsruhe.

Acht Bände, die meisten in mehrere Gruppen zerfallend.

Mit Kupfertafeln und zahlreichen Holzstichen. gr. 8. geh. 1862 — 1886.

## Band I.

- I. Gruppe: Die chemische Technologie des Wassers. Siehe Neue Folge. Heft 3.
- II. Gruppe: Das Beleuchtungswesen. Von Professor Dr. Bolley und Professor G. Wiedemann. Preis 6 *M.*
- III. Gruppe: Die chemische Technologie der Brennstoffe. I. Abthlg. Von Dr. Ferd. Fischer. Liefg. 1. Preis 5 *M.*
- III. Gruppe: — do. — II. Abthlg.: Die Industrie der Steinkohlentheer-Destillation und Ammoniakwasser-Verarbeitung. Von Dr. Georg Lunge. Preis 9 *M.*

## Band II.

- I. Gruppe: Die Technologie der chemischen Producte, welche durch Grossbetrieb aus unorganischen Materialien gewonnen werden. Von Dr. Philipp Schwarzenberg und Dr. Georg Lunge. Preis 55 *M.*
- II. Gruppe: Die Fabrikation chemischer Producte aus thierischen Abfällen. Siehe Neue Folge. Heft 1.

## Band III.

- I. Gruppe: Die Fabrikation des Glases. Siehe Neue Folge. Heft 2.

## Band IV.

- I. Gruppe: Die Bierbrauerei, Branntweinbrennerei und Liqueurfabrikation. Von Dr. Jul. Fr. Otto. Preis 10 *M.*
- II. Gruppe: Die Essig-, Zucker- und Stärkefabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käsebereitung. Von Dr. Jul. Fr. Otto. Preis 9 *M.* 50 *S.*
- III. Gruppe: Der Weinbau und die Weinbereitungskunde sowie die Bereitung des Obstweins und Krauts. Von Dr. Fr. Mohr. Preis 2 *M.* 50 *S.*

## Band V.

Chemische Verarbeitung der Pflanzen- und Thierfasern. Die Spinnfasern und die im Pflanzen- und Thierkörper vorkommenden Farbstoffe. Die künstlich erzeugten organischen Farbstoffe. Von Prof. Dr. Bolley, Prof. Dr. E. Kopp, Dr. Rich. Meyer. Preis 25 *M.* 20 *S.*

## Band VI.

- I. Gruppe: Die chemische Technologie der Baumaterialien und Wohnungseinrichtungen. I. Abthlg.: Chemische Technologie des Holzes als Baumaterial. Von Dr. Adolf Mayer. Preis 3 *M.* 60 *S.*
- II. Abthlg.: Chemische Technologie der Mörtelmaterialien. Von Prof. Dr. G. Feichtinger. Preis 12 *M.* 50 *S.*
- Die trocknenden Oele, ihre Eigenschaften, Zusammensetzung und Veränderungen etc. Von Louis Edgar Andés. Siehe Neue Folge. Heft 4.
- II. Gruppe: Die Darstellung der Seifen, Parfümerien und Cosmetica. Von Dr. C. Deite. Preis 3 *M.*
- III. Gruppe: Das Schiesspulver, die Zündhütchen- und Zündwaarenfabrikation. I. Abthlg.: Das Schiesspulver, dessen Ge-



Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig.

**Handbuch der chemischen Technologie etc.**

- schichte, Fabrikation, Eigenschaften und Proben. Von Dr. J. Upmann. Preis 4 *M.* 50 *S.*  
II. Abthlg.: Explosivkörper und die Feuerwerkerei. Von Dr. E. Meyer. Preis 3 *M.*  
III. Abthlg.: Die Zündwaaren-Fabrikation. Von Wladimir Jettel. Preis 2 *M.*  
IV. Gruppe: I. Abthlg.: Grundzüge der Lederbereitung etc. Von Dr. Chr. Heinzerling. Preis 5 *M.* 50 *S.*  
II. Abthlg.: Die Fabrikation der Kautschuk- und Guttapercha- waaren, sowie des Celluloïds und der wasserdichten Ge- webe. Von Dr. Chr. Heinzerling. Preis 8 *M.*  
V. Gruppe: I. Abthlg.: Die Fabrikation des Papiers. Von Prof. Egbert Hoyer. Liefg. 1 und 2. Preis 8 *M.*

**Band VII.**

Die Metallurgie. Von Dr. C. Stölzel. Liefg. 1—8. Allgemeiner Theil. Specieller Theil der Metallgewinnung, Roheisen und Stabeisen. Stahl, Kupfer, Zink, Cadmium, Zinn, Blei, Silber, Gold, Platin, Quecksilber, Wismuth, Antimon, Arsen, Nickel und Kobalt, Wolfram, Aluminium. Preis 42 *M.*

**Band VIII.**

- I. Abthlg.: Die Metallverarbeitung. Von Prof. A. Ledebur. Preis 7 *M.*  
II. Abthlg.: Die Verarbeitung der Metalle. Die Erzeugung der Eisen- und Stahlschienen. Von Alphons Petzholdt. Preis 2 *M.*

**Bolley-Birnbaum's Technologie. Neue Folge.**

1. Die Fabrikation chemischer Producte aus thierischen Abfällen. Von Dr. Hugo Fleck. Zweite Auflage. Mit 45 Holzstichen. Preis 3 *M.* 20 *S.*
2. Die Glasfabrikation. Von Dr. H. E. Benrath. Mit 201 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 10 *M.*
3. Die chemische Technologie des Wassers. Von Dr. Ferdinand Fischer. Mit 271 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 11 *M.* 60 *S.*
4. Die trocknenden Oele, ihre Eigenschaften, Zusammensetzung und Veränderungen etc. Von L. E. Andés. Mit 49 Holzstichen. Preis 5 *M.* 20 *S.*

**Regnault-Strecker's  
Kurzes Lehrbuch der Chemie.**

Bearbeitet von

**Dr. Johannes Wislicenus,**

Professor der Chemie an der Universität zu Würzburg.

In zwei Bänden. 8. geh.

- Erster Band. **Anorganische Chemie.** Neunte verbesserte Auflage. Mit Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. Preis 12 *M.*  
Zweiter Band. **Organische Chemie.** Sechste verbesserte Auflage. Mit Holzstichen. Preis 15 *M.*

**V o r t r ä g e**

über die

**Entwicklungsgeschichte der Chemie**

in den letzten hundert Jahren von

**Dr. A. Ladenburg,**

o. Professor der Chemie an der Universität Kiel.

Zweite verbesserte und vermehrte Auflage. gr. 8. geh. Preis 6 *M.*



Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig.

## Technologisches Wörterbuch in englischer und deutscher Sprache.

Die Wörter und Ausdrucksweisen in Civil- und Militär-Baukunst; Schiffsbau; Eisenbahnbau; Strassen-, Brücken- und Wasserbau; Mechanik und Maschinenbau; Technologie; Künste; Gewerbe und Fabrikindustrie; Landwirthschaft; Handel und Schifffahrt; Bergbau und Hüttenkunde; Geschützwesen; Physik; Chemie; Mathematik; Astronomie; Mineralogie; Botanik etc. umfassend.

In Verbindung mit P. R. Bedson, O. Brandes, M. Brütt, Ch. A. Burghardt, Th. Carnelly, J. J. Hummel, J. G. Lunge, J. Lüroth, G. Schäffer, W. H. M. Ward, W. Carleton Williams, bearbeitet und herausgegeben von

**Gustav Eger,**

Professor an der grossh. hessischen technischen Hochschule zu Darmstadt und  
beeidigtem Uebersetzer der grossh. Ministerien.

In zwei Theilen. Lexicon-Octav.

Erster Theil. **Englisch-Deutsch.** Technisch durchgesehen und vermehrt von Otto Brandes, Chemiker. Preis geh. 9 *M.*, geb. 10 *M.* 50 *g*

Zweiter Theil. **Deutsch-Englisch.** Technisch durchgesehen und vermehrt von Otto Brandes, Chemiker. Preis geh. 11 *M.*, geb. 12 *M.* 50 *g*

(Für England Commissions-Verlag von Trübner & Comp. in London.)

(Für Amerika Commissions-Verlag von Westermann & Comp.  
in New-York.)

## Chemisch-technische Analyse.

Handbuch der analytischen Untersuchungen zur Beaufsichtigung des chemischen Grossbetriebes.

Unter Mitwirkung von L. Aubry, W. Avenarius, C. Deite, M. Delbrück, L. Drehschmidt, C. Engler, R. Gnehm, C. Heinzerling, A. Hilger, A. Jena, A. Ledebur, C. Lintner, S. Marasse, W. Michaelis, F. Muck, M. Müller, J. Philipp, C. Rudolph, H. Schwarz, P. Wagner, A. Weinhold, H. Zwick,

herausgegeben von

**Dr. Julius Post,**

Professor an der Universität zu Göttingen.

Mit Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 26 *M.*

**Gorup-Besanez'**

## Lehrbuch der Chemie

für den Unterricht auf Universitäten, technischen Lehranstalten und für das Selbststudium.

In drei Bänden. gr. 8. geh.

Erster Band: **Anorganische Chemie.** Siebente Auflage, neu bearbeitet von Albrecht Rau. Mit zahlreichen eingedruckten Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. Preis 12 *M.*

Zweiter Band: **Organische Chemie.** Sechste Auflage, neu bearbeitet von Dr. Hermann Ost, Privatdocent der Chemie an der Universität zu Leipzig. Mit Holzstichen. Preis 12 *M.*

Dritter Band: **Physiologische Chemie.** Vierte, vollständig umgearbeitete und verbesserte Auflage. Von Professor Dr. E. F. v. Gorup-Besanez. Mit einer Spectraltafel im Texte und drei Tafeln in Holzstich, den Münchener Respirations-Apparat darstellend. Preis 19 *M.*



Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig.

**Muspratt's**  
Theoretische, praktische und analytische  
**C h e m i e**  
in Anwendung auf Künste und Gewerbe.

Encyklopädisches Handbuch der Technischen Chemie

von

**F. Stohmann und Bruno Kerl.**

**Vierte Auflage**

unter Mitwirkung von

E. Beckmann, R. Biedermann, H. Bunte, E. v. Cochenhausen,  
E. Drechsel, C. Engler, A. Frank, C. Grote, H. Meidinger, E. v. Meyer,  
F. Pampe, C. v. Rechenberg, H. W. Vogel, Cl. Winkler und anderen  
Gelehrten und Fachmännern.

**Sieben Bände.** Mit zahlreichen Holzstichen. hoch 4. geh.

**I n h a l t :**

Aether. Aetherische Oele. Alkaloide. Alkohol. Aluminium. Ammoniak. Anilin- und sonstige Theerfarbstoffe. Antimon. Arsen. Asphalt. Baryum. Beryllium. Bier. Blei. Bleichen u. Zubereitung der Gespinnstfasern. Bor. Brom. Brot. Cadmium. Cäsium und Rubidium. Calcium. Cermetalle. Chlor. Chloral. Chlorkalk. Chloroform. Chrom. Citronensäure. Conservirung von Nahrungsmitteln u. Gebrauchsgegenständen. Cyan. Desinfection. Dextrin. Didym s. Cer. Düngstoffe. Eisen. Eiweiss. Emaille. Erbium s. Yttrium. Essigsäure. Explosivstoffe. Farbstoffe u. Färberei. Fette u. Oele. Firniss. Fluor. Gallium. Galvanoplastik. Gerberei. Germanium. Glas. Gold. Gummi. Harze. Harzöle. Heizstoffe. Indium. Jod. Kalium. Kautschuk. Kitt. Knochenkohle. Kobalt. Kohlenstoff. Kupfer. Lanthan s. Cermetalle. Leim. Leuchtstoffe. Lithium. Löthrohranalyse. Luft, atmosphärische. Magnesium. Mangan. Mineralöl s. Paraffin. Mineralwasser, künstliches. Molkereiproducte. Molybdän. Nahrungsmittel. Natrium. Nickel. Niobium u. Tantal. Osmium s. Platinmetalle. Oxalsäure. Palladium s. Platinmetalle. Papier. Paraffin u. Mineralöle. Parfümerie. Petroleum. Phosphor. Photographie. Platinmetalle. Quecksilber. Rhodium s. Platinmetalle. Rubidium s. Cäsium. Salpetersäure. Sauerstoff. Scandium. Schwefel. Seife. Silber. Silicium. Spectralanalyse. Stärke. Steinkohlentheerproducte. Stickstoff. Strontium. Tantal s. Niobium. Tellur. Thallium. Thonwaarenindustrie. Thorium. Tinte. Titan. Traubenzucker. Ultramarin. Uran. Vanadin. Volumetrische Analyse. Wasser. Wasserstoff. Wein. Weinsäure. Wismuth. Wolfram. Yttrium u. Erbium. Zink. Zinn. Zirkonium. Zucker. Zündrequisiten.

Erschienen ist: Erster Band. 1. bis 14. Lieferung. Preis à 1 *ℳ*. 20  $\frac{3}{4}$

**Ausführliches Lehrbuch der Chemie.**

Von **H. E. Roscoe** und **Carl Schorlemmer**,

Professoren der Chemie an der Victoria-Universität, Manchester.

Erster Band: **Nichtmetalle.** Zweite vermehrte Auflage. Mit zahlreichen Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 12 *ℳ*.

Zweiter Band: **Die Metalle und Spectralanalyse.** Mit zahlreichen Holzstichen, 2 farbigen und 2 photographischen Spectraltafeln. gr. 8. geh. Preis 16 *ℳ*. 80  $\frac{3}{4}$

Dritter Band: **Die Kohlenwasserstoffe und ihre Derivate oder Organische Chemie. Erster Theil.** Mit zahlreichen Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 24 *ℳ*.

Vierter Band: **Die Kohlenwasserstoffe und ihre Derivate oder Organische Chemie. Zweiter Theil.** Mit zahlreichen eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh.

Erste und zweite Abtheilung. Preis 13 *ℳ*.

(Schluss-Abtheilung unter der Presse.)



Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig.

---

Kurzes  
Lehrbuch der organischen Chemie

von **Dr. A. Bernthsen**,  
Professor an der Universität zu Heidelberg.  
8. geh. Preis 8 *M.*

---

**Graham - Otto's**  
ausführliches Lehrbuch der Chemie.

**Fünf Bände.** Mit Holzstichen und 1 farbigen Tafel. gr. 8. geh.

**Erster Band: Physikalische und theoretische Chemie.** Bearbeitet von Prof. Dr. A. Horstmann, Prof. Dr. H. Landolt und Prof. Dr. A. Winkelmann. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage des in den früheren Auflagen von Buff, Kopp und Zamminer bearbeiteten Werkes. In 3 Abtheilungen.

Erste Abtheilung. Physikalische Lehren von Dr. A. Winkelmann, Professor der Physik an der Akademie Hohenheim.  
Preis 13 *M.*

Zweite Abtheilung. Theoretische Chemie einschliesslich der Thermochemie von Dr. A. Horstmann, Professor an der Universität Heidelberg.  
Preis 13 *M.*

**Zweiter Band: Anorganische Chemie.** Neu bearbeitet von Professor Dr. A. Michaelis. Fünfte umgearbeitete Auflage. In 4 Abtheilungen.

Erste bis dritte Abtheilung. Preis 72 *M.*

Vierte Abtheilung. Erste Hälfte. Preis 12 *M.*

**Dritter bis fünfter Band: Organische Chemie.**

Dritter Band. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. Von Professor Dr. Ernst von Meyer. Preis 17 *M.*

Vierter Band. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. Von Professor Dr. Ernst von Meyer. In 3 Abtheilungen. Preis 24 *M.*

Fünfter Band. Bearbeitet von Prof. Dr. E. von Meyer und Prof. Dr. A. Weddige in Leipzig und Prof. H. von Fehling in Stuttgart. In 2 Abtheilungen. Herabgesetzter Preis 16 *M.*

---

**A n l e i t u n g**  
zur  
**qualitativen chemischen Analyse.**

Für Anfänger und Geübtere bearbeitet von  
**Dr. C. Remigius Fresenius,**

Geh. Hofrathe und Professor, Director des chemischen Laboratoriums  
zu Wiesbaden.

Mit einem Vorwort von **Justus von Liebig.**

**Fünfzehnte neu bearbeitete und verbesserte Auflage.** Zweiter unveränderter Abdruck. Mit Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 11 *M.*

---

**A n l e i t u n g**  
zur  
**quantitativen chemischen Analyse.**

Für Anfänger und Geübtere bearbeitet von  
**Dr. C. Remigius Fresenius,**

Geh. Hofrathe und Professor, Director des chemischen Laboratoriums  
zu Wiesbaden.

**Sechste, neu bearbeitete und verbesserte Auflage.**

Zwei Bände. Mit Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 30 *M.*





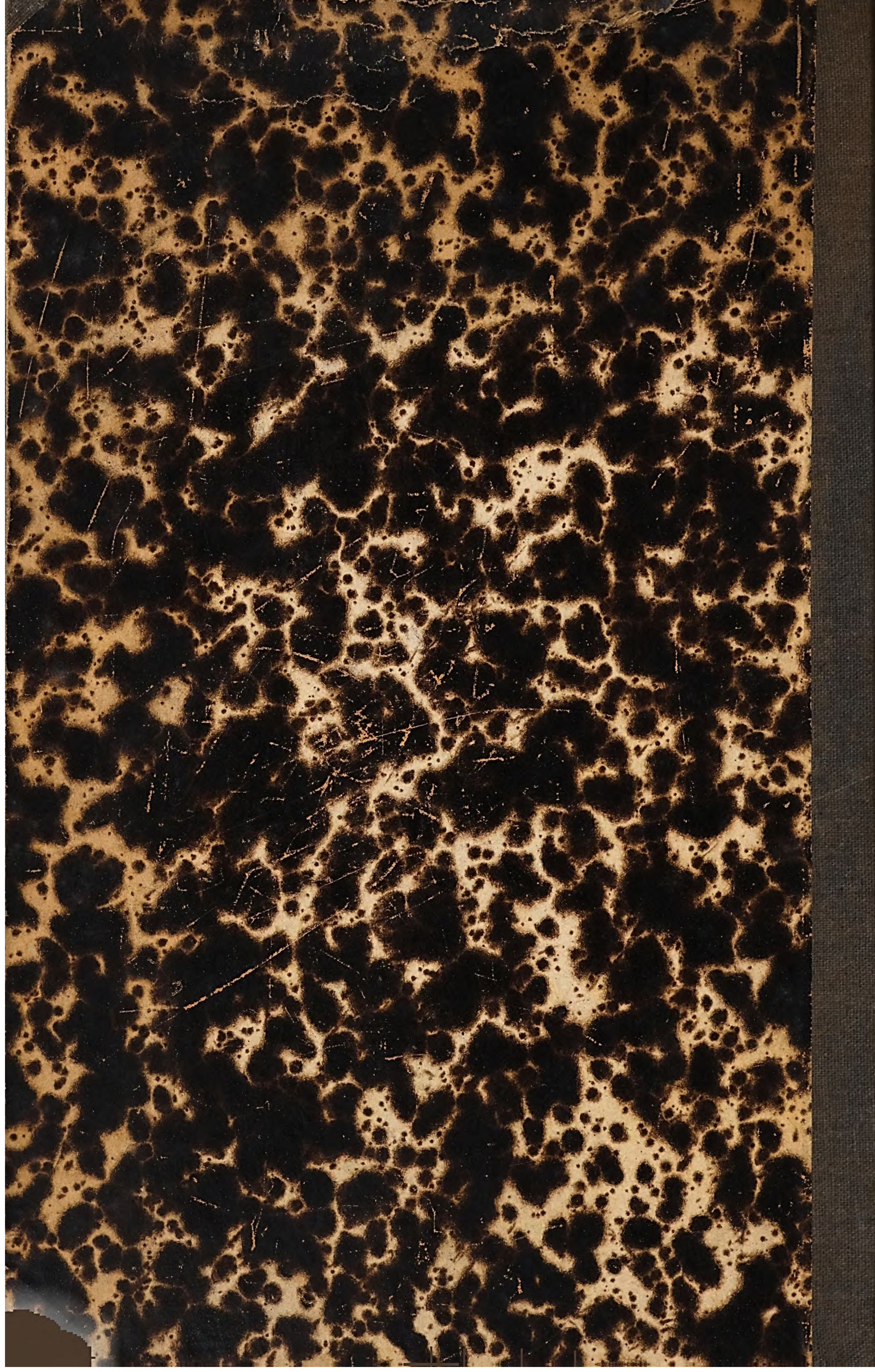














Fehrmann, Albert

Das Ammoniakwasser und seine Verarbeitung Auf Grund selbstständiger  
Erfahrungen und mit Berücksichtigung der neuesten Verbesserungen

Braunschweig 1887

Techn. 59 n

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11889015-6